

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
Отделение контроля и диагностики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Обеспечение защиты от проявлений атмосферного электричества

УДК 614.8:551.515.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е61	Айтжанов Арман Булатович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Амелькович Ю. А.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицына Л.Ю.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев М. В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вторушина А.Н.	К.Х.Н.		

Томск – 2020 г.

Результаты освоения образовательной программы по направлению 20.03.01 Техносферная безопасность

Код резу льта та	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
Общие по направлению подготовки		
P1	Способность понимать и анализировать социальные и экономические проблемы и процессы, применять базовые методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, 2, ОПК-2). CDIO Syllabus (2.4, 4.1, 4.2.7, 4.7). Критерий 5 АИОР (п. 2.12)
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информационных технологий в развитии современного общества и для ведения практической инновационной инженерной деятельности в области техносферной безопасности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-1). CDIO Syllabus (3.2). Критерий 5 АИОР (п. 2.5)
P3	Способность эффективно работать самостоятельно, в качестве члена и руководителя интернационального коллектива при решении междисциплинарных инженерных задач с осознанием необходимости интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3, 5, 6, 7, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-5, ПК-8). CDIO Syllabus (2.4, 2.5, 3.1, 3.3, 4.2), Критерий 5 АИОР (п. 2.9, 2.12, 2.14)
P4	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, ОПК-4). CDIO Syllabus (3.2). Критерий 5 АИОР (п. 2.11)
P5	Способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования с целью выбора и оптимизации устройств, систем и методов защиты человека и природной среды от опасностей.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-8, ОПК-1, ПК-5). CDIO Syllabus (1.1, 2.1). Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8)
Профиль		
P6	Уметь выбирать, применять, оптимизировать и обслуживать современные системы обеспечения техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов	Требования ФГОС ВО (ОПК-5, ПК-5, ПК-6, ПК-7). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8), требованиями проф.стандарта 40.056 Профессиональный стандарт «Специалист по противопожарной профилактике»

P7	Уметь организовать деятельность по обеспечению техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателя, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов	Требования ФГОС ВО (ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ОПК-3, 4, 5). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5, 3.1) Критерий 5 АИОР (п. 2.6, 2.12), требованиями проф.стандарта 40.056 Профессиональный стандарт «Специалист по противопожарной рофилактике»
P8	Уметь оценивать механизм, характер и риск воздействия техносферных опасностей на человека и природную среду	Требования ФГОС ВО (ПК-12, ПК-16, ПК-17). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8), требованиями проф.стандартов 40.056 «Специалист по противопожарной профилактике», 40.054 «Специалист в области охраны труда»
P9	Применять методы и средства мониторинга техносферных опасностей с составлением прогноза возможного развития ситуации	Требования ФГОС ВО (ПК-12, ПК-14, ПК-15, ПК-17, ПК-18). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
20.03.01 Техносферная
безопасность
_____ А.Н. Вторушина
04.02.2020 г.

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
1Е61	Айтжанову Арману Булатовичу

Тема работы:

Обеспечение защиты от проявлений атмосферного электричества	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.02.2020, №59-52/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2020 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект исследования - атмосферное электричество и его проявление на предприятии социального назначения. Предмет исследования - анализ безопасности объектов экономики от ударов молнии. Цель исследования - расчет молниезащиты ПС 110/6 кВ Московский тракт, а также исследование вопроса обеспечения защиты от проявления атмосферного давления
--	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1. Анализ грозовой активности на территории РФ. 2. Расчёт молниезащиты ПС 110/6 кВ Московский тракт 3. Расчёт заземления на территории ПС 110/6 кВ Московский тракт</p>
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Спицына Любовь Юрьевна
Социальная ответственность	Гуляев Милий Всеволодович

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	04.02.2020 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Амелькович Ю. А.	к.т.н.		04.02.2020 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е61	Айтжанов Арман Булатович		04.02.2020 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
Уровень образования бакалавриат
Отделение контроля и диагностики
Период выполнения весенний семестр 2019/2020 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

08.06.2020 г.

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
05.03.20	Обсуждение плана работы	20
18.03.20	Подбор литературы	10
16.04.20	Уточнение параметров объекта	15
29.04.20	Расчет заземления	15
14.05.20	Расчет молниезащиты	10
22.05.20	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
08.06.2020 г.	Оформление и представление ВКР	20
		100

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
				04.02.2020

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вторушина А.Н.	к.х.н.		04.02.2020

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Е61	Айтжанову Арману Булатовичу

Школа	ИШНКБ	Отделение	ОКД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	20.03.01 «Техносферная безопасность»

Тема ВКР:

Обеспечение защиты от проявлений атмосферного электричества	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования	Объектом исследования является обеспечение защиты подстанции от проявления атмосферного электричества, область применения которой непосредственно связана в преобразовании и распределении электрической энергии.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	<p>Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p> <ul style="list-style-type: none"> • СанПиН 2.2.4.548-96 • ГОСТ 12.1.003-83 • ГОСТ Р ЕН 361-2008 • СП 52.13330.2011 • СанПиН 2.2.4.1191-03
2. Производственная безопасность:	<p>Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды.</p> <p>Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Неудовлетворительный микроклимат; – Повышенный уровень шума; – Недостаточная освещенность рабочей зоны; – Поражение электрическим током – Повышенный уровень напряженности электростатического поля, электромагнитных полей;

3. Экологическая безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на атмосферу, гидросферу и литосферу. – решение по обеспечению экологической безопасности.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – Выбор наиболее типичной ЧС; – Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. – Пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель отделения общетехнических дисциплин	Гуляев Милий Всеволодович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е61	Айтжанов Арман Булатович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1Е61	Айтжанову Арману Булатовичу

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОКД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	20.03.01 / «Техносферная безопасность»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет проекта - не более 134 тыс. руб., в т.ч. затраты на оплату труда – 51 тыс. руб Оклады в соответствии с окладами сотрудников «НИ ТПУ».
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	16% накладные расходы; 30% районный коэффициент. Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 2 баллов
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	28% отчисления в социальные фонды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение анализа конкурентоспособности
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Построение графика Гантта
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчёт и оценка сравнительной и финансовой эффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Сегментирование рынка
2. Оценка конкурентоспособности технических решений
3. Технология Quad
4. Матрица SWOT
5. График проведения и бюджет НИ
6. Материальные затраты
7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицына Любовь Юрьевна	К.Э.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е61	Айтжанов Арман Булатович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа по теме «Обеспечение защиты от проявлений атмосферного электричества» содержит: 81 страницы, 12 рисунков, 18 таблиц, 18 информационных источников.

Ключевые слова: молниезащита, молниеотводы, заземлители, атмосферное электричество, подстанция, сопротивление, грозовая активность.

Объект исследования - атмосферное электричество и его проявление на предприятии социального назначения.

Цель работы

В процессе работы проводились расчеты параметров молниезащиты предприятия социального назначения и расчеты необходимых величин по соответствующим выражениям для построения схемы защиты.

Полученными результатами являются итоговые схемы расположения молниеотводов и устройств заземления на объекте.

Источники информации представлены в списке использованных источников.

Область применения: результаты данной работы могут быть использованы для разработки технического проекта по установке молниезащиты на типовых объектах социального значения.

Оглавление

Введение.....	13
1 Теоретическая часть.....	15
1.1 Анализ грозовой активности на территории РФ.....	16
1.2 Категории объектов по молниезащите	21
1.3 Обеспечение безопасности от ударов молнии	26
1.3.1 Типы молниеотвода и молниезащиты	26
1.3.2 Защита от вторичных воздействий молнии.....	30
1.3.3 Проверка состояния молниезащиты	33
2 Расчеты и аналитика	36
2.1 Расчет Молниезащиты	39
2.2 Расчет защитного заземления подстанции 110/6 кВ.....	42
3 Результаты.....	48
4 Социальная ответственность	50
4.1 Введение.....	50
4.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	50
4.2.1 Правовые нормы трудового законодательства.....	50
4.2.2 Организационные мероприятия.....	51
4.3 Производственная безопасность.....	51
4.3.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования.....	52
4.3.2 Обоснование мероприятий по защите от действия опасных и вредных факторов	57
4.4 Экологическая безопасность.....	58
4.4.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	58
4.4.2 Анализ «жизненного цикла» объекта исследования	59
4.4.3 Мероприятия по защите окружающей среды.....	59
4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	60
4.5.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	60
4.5.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований	61
4.5.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.....	61
4.6 Заключение.....	64
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	65
5.1 Потенциальные потребители результатов исследования	65
5.2 Анализ конкурентных технических решений	66

5.3 Технология QuaD	67
5.4 SWOT-анализ	69
5.5 Планирование научно-исследовательских работ	70
5.5.1 Структура работ в рамках проектирования.....	70
5.5.2 Разработка графика выполнения проекта.....	71
5.5.3 Определение бюджета проекта	74
5.6. Материальные затраты.....	75
5.7 Ресурсоэффективность.....	77
Заключение	79
Список использованных источников	80

Введение

Защита объектов экономики от проявлений атмосферного электричества на данный момент представляет особую актуальность. Значительные разрушения, опасность появления пожаров вследствие взрывов, а также поражения населения разрядами тока, являются последствиями проявления атмосферного и статического электричества.

Не смотря на развитие материалов и способов строительства зданий, основные виды, такие как: кирпич, бетон, камень и древесина, подвержены значительным разрушениям вызванные прямыми ударами молний. В наше время зафиксированы происшествия полного и частичного разрушений сооружений, состоящих в основном из железобетона и бетона. На основании данных современных опытов было выяснено что при прохождении импульсных токов в арматуре с магнитодвижущей силой 2000 – 5000 А происходит полное разрушение испытуемых объектов. Исходя из данных опытов, так же следует вывод о запрете использовании в конструкциях из железобетона предварительно напряженную арматуру, что в свою очередь заставляет задуматься о том, что данные армированные конструкции требуют лучшей защиты от проявлений атмосферного электричества.

Исследованию влияния проявления атмосферного электричества в процессе эксплуатации на надежность молниезащиты посвящена данная работа.

Объект исследования - атмосферное электричество и его проявление на предприятии социального назначения.

Предмет исследования - анализ безопасности объектов экономики от ударов молнии.

Цель исследования - расчет защиты от проявлений атмосферного электричества ПС 110/6 кВ Московский тракт.

Для осуществления этой цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Анализ грозовой активности на территории РФ.
2. Расчёт молниезащиты ПС 110/6 кВ Московский тракт
3. Расчёт заземления на территории ПС 110/6 кВ Московский тракт

1 Теоретическая часть

Для изучения данной темы за основу рассмотрим документы, представленные ниже.

РД 34.21.122.87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений» [1]. В данном документе рассмотрены требования к выполнению молниезащиты зданий и сооружений, изложен необходимый набор устройств и порядок действий, необходимых для организации защиты людей (сельскохозяйственного скота), разных конструкций, систем, зданий, а так же используемых на объектах материальных ресурсов и используемого оборудования, от возможных последствий при ударах молний, таких как, пожары, взрывы и других разрушений. Для проектирования и монтажа грозозащиты линий электропередач, зданий и сооружений, эксплуатация которых связана с использованием, производством или хранением пороха, опасных взрывчатых веществ, а также электрических элементов электроподстанций, радио- и телевизионных антенн, телеграфных, телефонных и радиовещательных линий, данная инструкция не распространяется.

СО 153-34.21.122-2003 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» [2] рассматривает классификацию воздействий грозовых токов, а также защита от прямых ударов молнии, которая включает в себя набор устройств молниезащиты. Дана подробная классификация объектов, тип объекта и последствия, которые вытекают из ударов молнии .

1.1 Анализ грозовой активности на территории РФ

Средняя грозовая активность за рассматриваемый временной отрезок (год) определяется по «Карте среднегодовой продолжительности гроз в часах» (Рисунок 1), также можно опираться на официальные данные, получаемые от местных метеорологических станций.

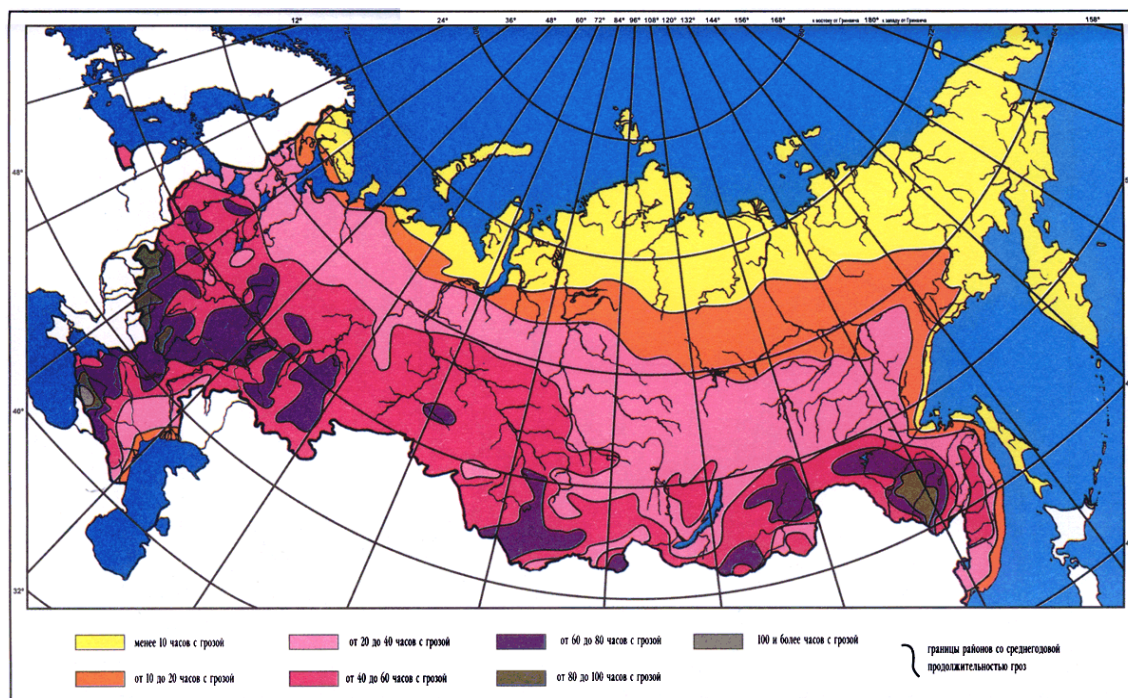


Рисунок 1 - Средняя продолжительность гроз в часах

Интенсивность грозовой деятельности в различных районах Земли оценивают по длительности гроз и их частоте, регистрируемых в днях или часах за год. Продолжительность гроз определяют по характерному звуку грома, сопровождающему грозу в начале и в конце. Одной из основных критериев оценивания возможного количества подвергаемых опасности объектов, является плотность ударов молний в землю.

Данный показатель представлен в Таблице 1, составленной по полученным данным, зафиксированными местными метеорологическими станциями, которые наглядно демонстрируют частоту ударов на 1 км² поверхности земли за один год.

Таблица 1 – Плотность ударов молний

Среднегодовая продолжительность	Удельная плотность ударов молнии в землю n , $1/(\text{км}^2 \cdot \text{год})$
10-20	1
20-40	2
40-60	4
60-80	5,5
80-100	7
100 и более	8,5

Усредненные данные по грозовой активности на территории России приведены в Таблице 2.

Таблица 2 – Усредненные данные на территории России

В районе городов	Среднегодовая продолжительность гроз, ч	Плотность ударов молнии в землю, $1/\text{км}^2 \cdot \text{год}$
Анадырь, Верхоянск, Магадан, Мурманск, Южно-Сахалинск	0-10	0,5
Норильск, Архангельск, Астрахань, Игарка	10-20	1,0
Иркутск, Казань, Калининград, Киров, Красноярск, С-Петербург, Москва, Ульяновск	20-40	2,0
Волгоград, Н*Новгород, Новосибирск, Псков, Ростов-на-Дону, Уфа, Чита, Екатеринбург, Челябинск	40-60	4,0

На основании этих статистических показателей грозовой активности в Российской Федерации можно сделать вывод, что средняя продолжительность

грозы в Томске и Томской области составляет 40-60 часов в год. Плотность ударов молний в землю на территории Томской области соответствует 4,0 (1/км²*Год).

По данным представленным на Рисунке 2, среднегодовых значений плотности разрядов молнии в землю для территории Томской области, полученным на основе сети счетчиков, можно заметить, что наивысшая активность проявления атмосферного электричества приходится вдоль реки Томь.

Статистика по грозовой активности в Томской области.

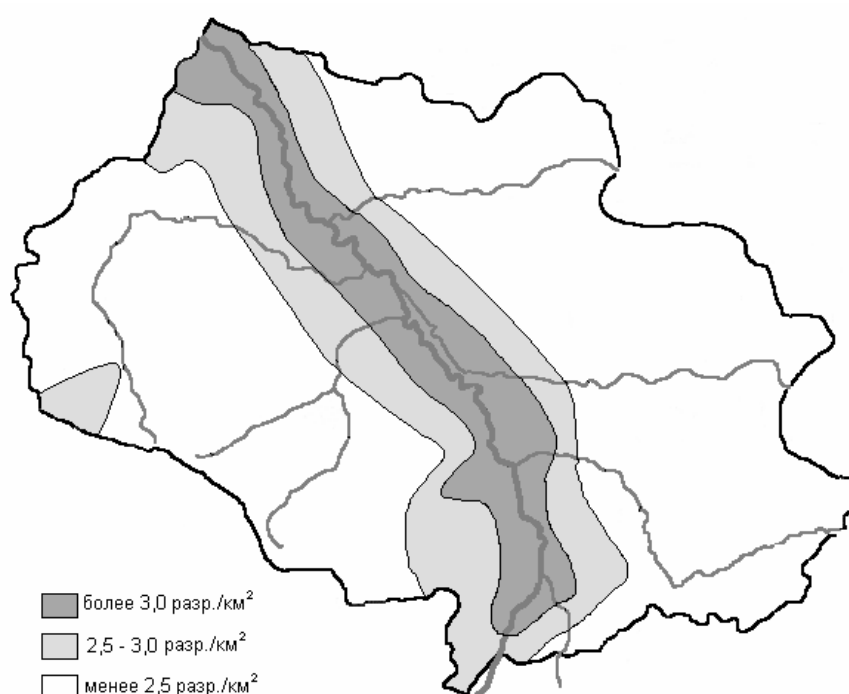


Рисунок 2 – Среднегодовое значение плотности разрядов молнии в землю для территории Томской области, полученные по данным сети счетчиков

Метеорологические данные, необходимые для создания пространственно-временной карты грозовой активности в Томской области, были отобраны за период с 2006 по 2013 гг. на 15 метеостанциях Томской области. Обработанные данные о погоде введены в Excel (Таблица 3). [3]

Показатели грозовой активности по территории Томской области за 2006–2013 гг.

Таблица 3 - Показатели грозовой активности по территории Томской области за 2006–2013 гг.

Станция	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Общее	Среднегодовое	Динамика
Александровское	66	66	35	73	27	39	36	51	393	43,67	-4,7
Новый Васюган	20	38	23	37	43	56	41	49	307	34,11	4,5
Средний Васюган		59	56	58	39	72	33	40	357	51,00	-3,2
Пудино	69	94	56	58	36	75	50	58	496	55,11	-3,4
Старица	18	29	21	23	28	41	34	27	221	26,38	1,8
Каргасок	62	54	30	36	38	57	29	52	358	39,78	-2,8
Бакчар	74	83	63	104	39	83	51	60	557	61,89	-3,9
Напас	73	72	53	51	51	69	39	61	469	52,11	-3,4
Подгорное	20	59	40	59	36	49	30	50	343	38,11	1,9
Колпашево	63	77	56	67	50	58	40	71	482	53,56	-3,4
Томск	66	66	35	73	27	39	36	51	393	43,67	-4,7
Первомайское	76	73	65	80	43	53	39	42	471	52,33	-6,2
Степановка	24	24	42	50	24	31	35	58	288	36,00	2,8
Тегульдэт	19	21	35	35	30	25	30	16	211	26,38	-0,4
Батурино	52	48	48	66	37	65	35	68	419	46,56	0,5

На основе данных в программе Excel (Таблица 3) были построены диаграммы с линией тренда:

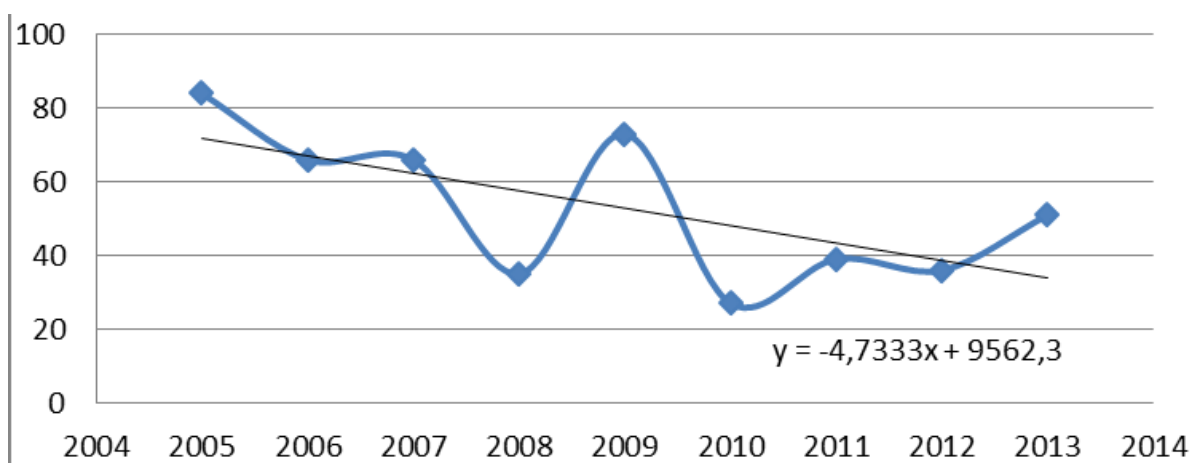


Рисунок 3 - Диаграмма грозовой активности на метеостанциях города Томска

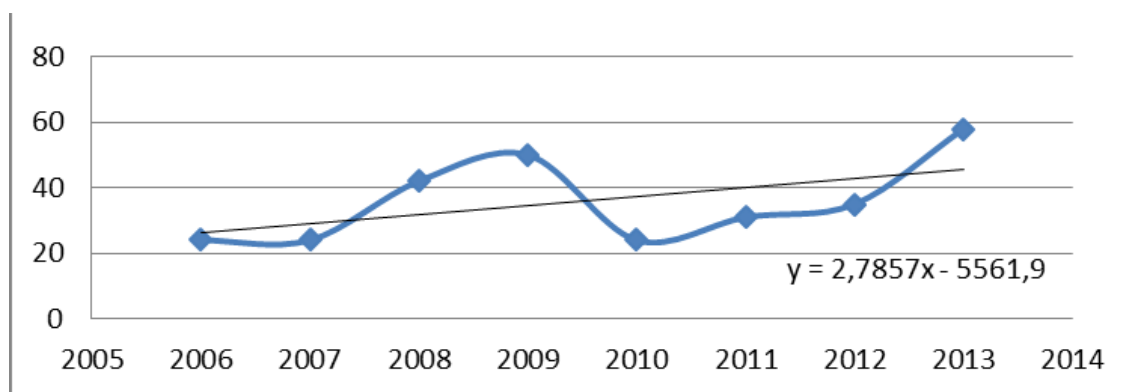


Рисунок 4 - Диаграмма грозовой активности на метеостанциях
Степановка

что позволило:

- проследить тенденцию интенсивности грозовой деятельности на каждой метеостанции;
- провести визуальное сравнение между метеостанциями, расположенными в разных природно-климатических условиях [4].

По данным исследований А.А. Дульзон, и В.П. Горбатенко опубликованных в работе «Результаты Исследования грозовой активности над территорией Томской области» отражены на Рисунке 5.

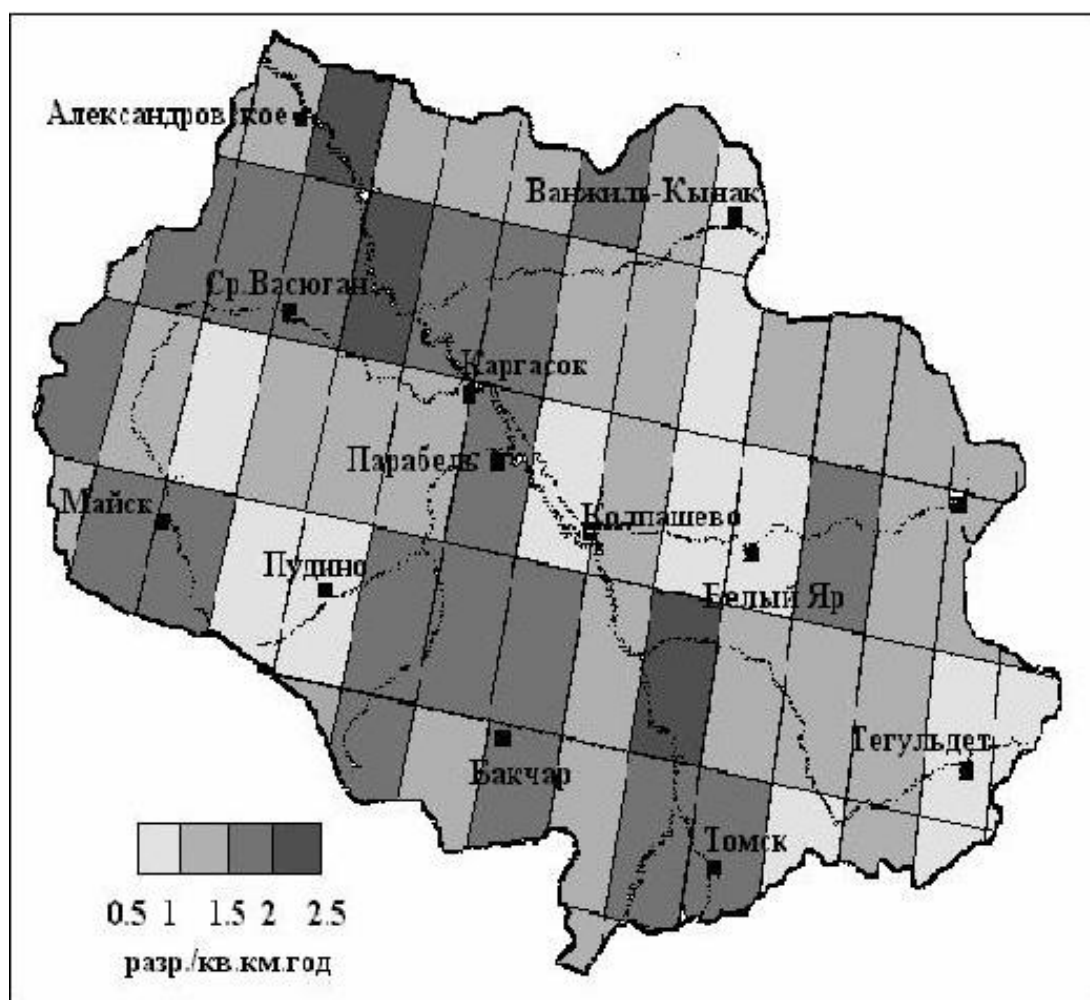


Рисунок 5 – Плотность разрядов молнии в землю, оцененная по спутниковым наблюдениям по Томской области

На их основе можно выделить четыре населенных пункта, где грозовая активность проявляется наиболее сильно – более 2,5 разр./кв.км.год:

- г. Томск
- г. Северск
- Бакчар
- Майск

1.2 Категории объектов по молниезащите

Молниезащита - это комплекс мер по защите от зарядов атмосферного и статического электричества, обеспечивающий безопасность людей, сохранность зданий и сооружений, оборудования и материалов от возгорания и разрушения, а также снижающий взрывоопасность [2].

Согласно документу РД 34.21.122.87, по проектированию и монтажу грозозащиты для различных конструкций и сооружений имеются 3 категории молниезащиты, определяемые по назначению и технических характеристик рассматриваемого объекта, также учитывается степень пожаро – взрывоопасности.

Возникшее статическое электричество движется по пути меньшего сопротивления – это связано с движением газов, паров, пыли и прочих мелкодисперсных субстанций через вентиляцию. Данный эффект используется для создания заблаговременного пути разрядов молний в землю, через металлические конструкция, находящиеся над объектом. Такие устройства называются молниеотводами.

Проявления атмосферного электричества поражает объекты находящиеся на земле ПУМ, вызывая следующие эффекты:

- первичный эффект – разрушения
- вторичный эффект – воздействие в форме эл. индукции, без непосредственного контакта с разрядом.

Вторичный эффект оказывает влияние на образование в пространстве меняющегося во времени магнитного поля. Это магнитное поле индуцирует электрические токи, которые приводят к нагреву в замкнутых контурах, которые образуются металлическими конструкциями (электрические линии, трубопроводы и т.д.).

Прямое опасное воздействие молнии - это пожары, механические повреждения, травмы среди людей и животных, а также повреждение электронного и электрического оборудования. Последствиями удара молнии могут быть взрывы и выброс опасных продуктов - радиоактивных и токсичных химических веществ, а также бактерий и вирусов [5].

Многоэтажные здания и сооружения, трубы производственных объектов, заводов, поднимающиеся гораздо выше уровня земли наиболее подвержены воздействию атмосферного электричества. На такой высоте электрическое поле значительно выше, что создает хорошую среду для образования разрядов молний.

Удары молнии могут быть опасны для информационных систем, систем управления, контроля и электроснабжения. Для электронных устройств, установленных на объектах различного назначения, требуется специальная защита.

Квалификация объектов определяется опасностью удара молнии для самого объекта и его среды. В соответствии с нормативными документами все здания и сооружения делятся на обычные и специальные.

Обычные объекты – это жилые и административные строения, а также здания и сооружения высотой не более 60 м, предназначенные для торговли, промышленного производства, сельского хозяйства.

К специальным объектам относятся следующие:

- представляющие опасность для непосредственного окружения
- представляющие опасность для социальной и физической окружающей среды

- потенциально способные при поражении молнией вызвать вредные биологические, химические и радиоактивные выбросы
- прочие, для которых должна быть предусмотрена специальная молниезащита, например, строения высотой более 60 м, строящиеся объекты, временные сооружения, игровые площадки и т.п.

Подробные примеры классификации объектов по устройству молниезащиты, разделены на четыре класса и приведены в [2].

Для специальных объектов минимально допустимый уровень надежности защиты от прямых ударов молнии (ПУМ) расположен в области 0,9 – 0,9990, в зависимости от его общественной, экономической важности и сложности прогнозируемых последствий от ПУМ. Собственник объекта или заказчик в дополнение к основному проекту, могут повысить уровень надежности, который будет значительно выше расчетного допустимого максимума.

При строительстве и реконструкции для каждого класса объектов требуется определить необходимые уровни надежности защиты от прямых ударов молнии (ПУМ). Например, для обычных объектов может быть предложено четыре уровня надежности защиты, указанные в Таблице 4.

Таблица 4 – Надежность молниезащиты

Категория молниезащиты	Пиковый ток молнии	Надежность
I	200 кА	0,98
II	150 кА	0,95
III	100 кА	0,90
IV	100 кА	0,80

Существует методика определения категории грозозащиты объекта (представлена в РД) для определенного региона, зависящая от средней продолжительности и частоты разрядов молний в регионе, а так же основываясь на расчетных данных вероятности годового количества ударов молний по территории.

Производственные, жилые и общественные здания и сооружения в зависимости от их назначения, а также от интенсивности грозовой деятельности в районе их местонахождения должны иметь молниезащиту в соответствии с категориями устройства молниезащиты.

Классификация зданий и сооружений по устройству молниезащиты и необходимости ее выполнения приведена в [1], рассмотрим их.

Рассмотрим здания категории молниезащиты, приведенные

Первая категория. В эту категорию входят помещения, в которых легковоспламеняющиеся газы или пары, а также легковоспламеняющиеся частицы пыли и волокон, которые могут перейти в взвешенное состояние, способные образовывать взрывоопасные смеси с воздухом или другими окислителями при нормальных условиях эксплуатации.

В случае взрыва в помещениях данной категории, имеют места последствия серьёзного разрушения и потери среди людей.

Молниезащита таких объектов осуществляется независимо от средней активности атмосферного электричества или местоположения.

Вторая категория. В эту категорию входят помещения, в которых не возможно образования взрывоопасных смесей при естественной эксплуатации, относящихся к первой категории взрыво- пожароопасности, а возможен такой исход только в случае аварий или неисправностей.

К этой категории относятся также здания, в которых взрывчатые и легковоспламеняющиеся материалы хранятся в металлической упаковке.

Взрыв в помещениях данной категории приводит к незначительным повреждениям без пострадавших. Грозозащита для таких объектов осуществляется в районах со средней штормовой активностью 10 и более часов в год.

Защита от прямых ударов молнии по зданиям и сооружениям, относящимся к устройствам молниезащиты категории II, независимо от их высоты, должна осуществляться одним из следующих способов: с помощью неизолированного молниеотвода или молниеотвода, обеспечивающих

защитную зону или устанавливается отдельно на зданиях или с применением молниезащитной сетки размером 6 х 6 м на неметаллической крыше или с использованием металлической крыши здания или сооружения в качестве аэровокзала.

Третья категория. Сюда относят здания и сооружения для которых прямой удар представляет опасность в отношении пожара, механических разрушений, поражения людей, а также животных.

Молниезащита их выполняется в местностях, расположенных южнее 65-й параллели со средней грозовой деятельностью 20 и более грозовых часов в год и при ожидаемом количестве поражений молнией не менее 0,05, в том числе отдельно стоящих объектов высотой 15 м и более.

Все здания и сооружения первой и второй категории защищаются как от прямых ударов молнии, так и от ее вторичных воздействий и заноса высоких потенциалов через наземные и подземные металлические конструкции и коммуникации.

Здания и сооружения третьей категории защищаются от прямых ударов молнии и заноса высоких потенциалов.

В некоторых случаях устройство молниезащиты не требуется. Например, если кровля является естественным молниеприемником. Сама кровля может являться естественным молниеприемником в следующих случаях:

- Толщина металлической кровли ≥ 4 мм;
- Толщина медной кровли ≥ 5 мм;
- Толщина алюминиевой кровли ≥ 7 мм

Выбор способов молниезащиты определяется во взаимосвязи с конструктивными и технологическими особенностями объекта и его назначением.

Молния обладает свойством поражать, в первую очередь, заземленные (их электропроводность стремится к бесконечности) объекты и

возвышающиеся над землей металлические предметы и сооружения (трубы, мачты, вышки и т.п.).

Именно на этой особенности грозового разряда основано защитное действие каждого молниеотвода.

Молниеотвод состоит: из молниеприемника, токоотвода, обеспечивающего прохождение по нему разрядного тока к заземляющему устройству, и самого заземляющего устройства, обеспечивающего непосредственный распределенный на большой площади контакт с землей [7].

1.3 Обеспечение безопасности от ударов молнии

1.3.1 Типы молниеотвода и молниезащиты

Молниезащита зданий и сооружений подразделяется на внешнюю, внутреннюю.

Рассмотрим каждую категорию подробнее.

Внешняя молниезащита представляет собой систему, обеспечивающую перехват молнии и отвод её в землю, тем самым, защищая здание (сооружение) от повреждения и пожара.

Это специальная система приспособлений, предназначенная для перехвата электрического разряда, отведения его к земле по токоотводам. Правильно спроектированная конструкция защитит от вреда здание, людей и животных, находящихся внутри.

Внешняя молниезащита зданий подразделяется на два типа: пассивная и активная.

Рассмотрим отдельно каждый тип внешней защиты. Пассивная состоит в основном из нескольких видов устройств защиты:

- сетка («пространственная клетка»). Ее монтируют на крыше защищаемого объекта;
- молниеприемный стержень. Представляет собой один или несколько отдельных металлических прутков, соединенных с контуром заземления посредством кабеля;
- система натяжных молниеприемных тросов. Их натягивают по периметру защищаемой зоны.

Рассмотрим активную защиту, как показывает практика она более надежнее и менее ресурсозатратная по сравнению с пассивной.

Активная защита генерирует высоковольтные импульсы, что позволяет не ждать, пока молния ударит защищаемое сооружение, а захватывать электрический разряд на большом расстоянии, принудительно направляя его в землю.

Конструктивно, внешняя молниезащита зданий и сооружений состоит из:

- молниеприемника (перехватывает электрический разряд)
- токоотвода (промежуточная часть, проводящая электрический ток от молниеприемника на заземлитель)
- заземлителя (часть молниезащиты, контактирующая с землей, рассеивающая полученный разряд тока)

Так же присутствует внутренняя молниезащита, при которой на прямую ориентируемся на защиту оборудования.

Представляет собой совокупность устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП), систему защиты электрооборудования от вызванного молнией (индуктивными и резистивными связями) перенапряжения в сети.

Назначение УЗИП (устройств защиты от импульсных перенапряжений) — защитить электрическое и электронное оборудование от перенапряжений в сети, вызванных резистивными и индуктивными связями, возникающих под

воздействием тока молнии. Общепринято выделяют перенапряжения, вызванные прямыми и косвенными ударами молнии. Первые происходят в случае попадания молнии в здание (сооружение) или в подведенные к зданию (сооружению) линии коммуникаций (линии электропередачи, коммуникационные линии). Вторые — вследствие ударов вблизи здания (сооружения) или удара молнии вблизи линий коммуникаций. В зависимости от типа попадания различаются и параметры перенапряжений.

Внутренняя молниезащита (УЗИП) классифицируется по типам:

1 тип – защита при прямом попадании молнии (форма волны 10/350 мкс);

2 тип – защита от косвенного удара, зафиксированного вблизи объекта (форма волны 8/20 мкс).

Молниеотводы разделяются на три основных типа: а) стержневые; б) тросовые или антенные; в) сетчатые. В отдельных случаях могут быть комбинированные молниеотводы [1].

Молниезащита объекта в зависимости от его размеров может осуществляться одним или несколькими стержневыми молниеотводами, создающими зону защиты, охватывающую весь объект. При протяженных объектах защита выполняется с помощью одного или нескольких тросовых молниеотводов, создающих требуемую зону защиты.

Стержневые и тросовые молниеотводы устанавливаются либо на отдельно стоящих опорах, либо на опорах, связанных с конструкцией объекта.

Сетчатые молниеотводы укладывают (или подвешивают) на крышу защищаемого объекта и не менее чем в двух местах соединяют токоотводами с отдельными очагами заземления.

В практике чаще используют стержневые молниеотводы.

Молниеприемники стержневых молниеотводов изготавливаются из стали различного профиля с антикоррозийной защитой, чаще из круглой стали и реже из водопроводных труб. Свободный конец трубы необходимо сплющить или плотно закрыть металлической пробкой. В качестве

молниеприемника может быть использована также специальная сетка из круглой или плоской стали диаметром 6-8 мм. Тросовый молниеотвод следует выполнять из стального многопроволочного оцинкованного троса сечением не менее 35 мм².

Для устройства токоотводов можно использовать сталь любого профиля. Минимальное сечение — 48 мм², а диаметр круглой стали или троса — не менее 6 мм². Токоотводы следует прокладывать снаружи зданий от молниеприемника по кратчайшему пути к заземлителю. Токоотводы между собой с молниеприемником и заземлителем соединяются сваркой. Длина сварочного шва должна быть не менее двойной ширины прямоугольного проводника и не менее шести диаметров свариваемых круглых проводников.

В местах соединения токоотводов с заземлителем для периодического контроля сопротивления заземления на 1-1,5 м от земли устраивают специальные болтовые разъемы.

Заземляющие устройства могут быть различных видов. Вертикальные заземлители из угловой (40 x 40 x 4 мм), круглой (диаметром 10-20 мм) стали, а также трубы с наружным диаметром 30-60 мм и толщиной стенок 4 мм забивают на глубину 2-3 м.

При высокой проводимости нижних слоев грунта глубина заземлителей может достигать 4-6 м. Трубы забивают в грунт на глубину 0,5-0,8 м от поверхности. Горизонтальные заземлители применяют в местах с постоянно влажными верхними слоями грунта [2]

Опоры для молниеотводов выполняются в виде свободно стоящих конструкций без растяжек. Металлические опоры необходимо предохранять от коррозии покраской, а деревянные опоры пропитывать антисептиками и антипиренами.

Зона защиты молниеотводов - это часть пространства, внутри которого здание или сооружение защищено от прямых ударов молнии с определенной степенью надежности.

Согласно РД 34.21.122.87 выделено две зоны защиты. В зоне А обеспечивается степень надежности 99,5% и выше, в зоне Б — 95% и выше.

1.3.2 Защита от вторичных воздействий молнии

Пространство, в котором расположены электрические и электронные системы, должно быть разделено на зоны различной степени защиты. Зоны характеризуются существенным изменением электромагнитных параметров на границах. В общем случае, чем выше номер зоны, тем меньше значения параметров электромагнитных полей, токов и напряжений в пространстве зоны.

Зона 0 - зона, где каждый объект подвержен прямому удару молнии, и поэтому через него может протекать полный ток молнии. В этой области электромагнитное поле имеет максимальное значение.

Зона 0Е - зона, где объекты не подвержены прямому удару молнии, но электромагнитное поле не ослаблено и также имеет максимальное значение.

Зона 1 - зона, где объекты не подвержены прямому удару молнии, и ток во всех проводящих элементах внутри зоны меньше, чем в зоне 0Е; в этой зоне электромагнитное поле может быть ослаблено экранированием [8].

Прочие зоны устанавливаются, если требуется дальнейшее уменьшение тока и/или ослабление электромагнитного поля; требования к параметрам зон определяются в соответствии с требованиями к защите различных зон объекта.

Общие принципы деления защищаемого пространства на зоны молниезащиты показаны на Рисунке 6.

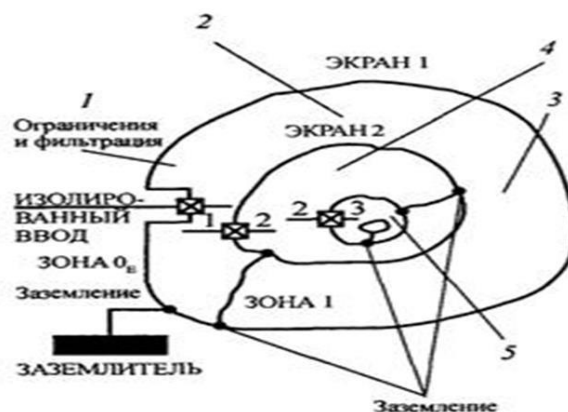


Рисунок 6 - Зоны защиты от воздействия молнии: 1 - ЗОНА 0 (внешнее окружение); 2 - ЗОНА 1 (внутренняя электромагнитная обстановка); 3 - ЗОНА 2; 4 - ЗОНА 2 (обстановка внутри шкафа); 5 - ЗОНА 3.

На границах зон должны осуществляться меры по экранированию и соединению всех пересекающих границу металлических элементов и коммуникаций.

Две пространственно разделенные зоны 1 с помощью экранированного соединения могут образовать общую зону (Рисунок 7).



Рисунок 7 - Объединение двух зон.

Дадим определение экранированию.

Экранирование является основным способом уменьшения электромагнитных помех.

Металлическая конструкция строительного сооружения используется или может быть использована в качестве экрана. Подобная экранная структура образуется, например, стальной арматурой крыши, стен, полов здания, а также металлическими деталями крыши, фасадов, стальными каркасами, решетками.

Эта экранирующая структура образует электромагнитный экран с отверстиями (за счет окон, дверей, вентиляционных отверстий, шага сетки в арматуре, щелей в металлическом фасаде, отверстий для линий электроснабжения и т. п.). Для уменьшения влияния электромагнитных полей все металлические элементы объекта электрически объединяются и соединяются с системой молниезащиты (Рисунок 8) [9]

Объединение металлических элементов объекта для уменьшения влияния электромагнитных полей.

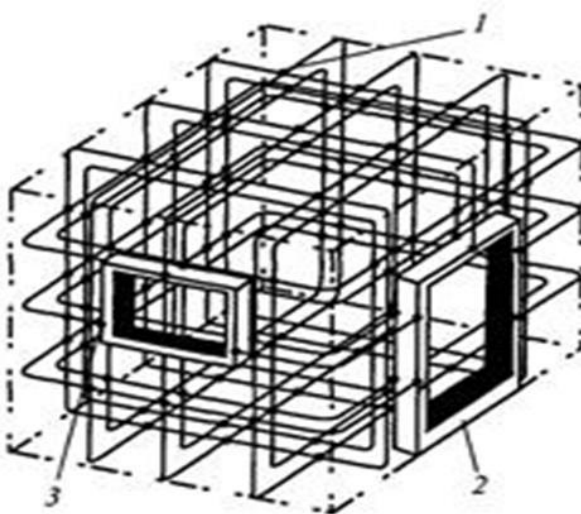


Рисунок 8 - Объединение металлических элементов объекта для уменьшения влияния электромагнитных полей: 1 - сварка на пересечениях проводов; 2 - массивная непрерывная дверная рама; 3 - сварка на каждом стержне.

Если кабели проходят между соседними объектами, заземлители последних соединяются для увеличения числа параллельных проводников и уменьшения, благодаря этому, токов в кабелях. Такому требованию хорошо удовлетворяет система заземления в виде сетки.

Для уменьшения индуцированных помех можно использовать:

- внешнее экранирование;
- рациональную прокладку кабельных линий;
- экранирование линий питания и связи.

Все эти мероприятия могут быть выполнены одновременно.

Если внутри защищаемого пространства имеются экранированные кабели, их экраны соединяются с системой молниезащиты на обоих концах и на границах зон.

Кабели, идущие от одного объекта к другому, по всей длине укладываются в металлические трубы, сетчатые короба или железобетонные короба с сетчатой арматурой. Металлические элементы труб, коробов и экраны кабелей соединяются с указанными общими шинами объектов. Можно не использовать металлические коробы или лотки, если экраны кабелей способны выдержать предполагаемый ток молнии.

1.3.3 Проверка состояния молниезащиты

Система молниезащиты здания нуждается в периодической проверке. Необходимость таких мероприятий обусловлена, во-первых, важностью данных устройств для безопасности как самих объектов недвижимости, так и находящихся поблизости людей, а во-вторых, нахождением громоотводов под постоянным воздействием неблагоприятных факторов окружающей среды. Первая проверка системы молниезащиты осуществляется непосредственно после монтажа. В дальнейшем она проводится через определенные, установленные нормативами, промежутки времени.

Периодичность проверки молниезащиты определяется в соответствии с п. 1.14 РД 34.21.122-87 «Инструкции по устройству молниезащиты зданий и сооружений». Согласно документу для всех категорий зданий она проводится не реже 1 раза в год.

В соответствии с «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей» проверка заземляющих контуров проводится:

- 1 раз в полгода — визуальный осмотр видимых элементов заземляющего устройства;

- 1 раз в 12 лет – осмотр, сопровождающийся выборочным вскрытием грунта.

Измерение сопротивления заземляющих контуров:

- 1 раз в 6 лет – на ЛЭП с напряжением до 1000 В;
- 1 раз в 12 лет – на ЛЭП с напряжением свыше 1000 В.

Рассмотрим основные мероприятия системы проверки молниезащиты.

Проверка молниезащиты включает в себя следующие мероприятия:

- проверка связи между заземлением и молниеприемником;
- измерение переходного сопротивления болтовых соединений системы грозозащиты;
- проверка заземления;
- проверка изоляции;
- визуальный осмотр целостности элементов системы (токоотводов, молниеприемника, мест контакта между ними), отсутствия на них коррозии;
- проверка соответствия реально смонтированной системы грозозащиты проектной документации, обоснованности установки данного типа громоотвода на данном объекте
- испытание механической прочности и целостности сварных соединений системы грозозащиты (все соединения простукиваются молотком)
- определение сопротивления заземлителя каждого отдельно стоящего молниеотвода. При последующих проверках величина сопротивления не должна превышать уровень, определенный при приемосдаточных испытаниях, больше чем в 5 раз.

Проверка сопротивления системы грозозащиты проводится с помощью прибора MRU-101. При этом методика проверки молниезащиты может быть разной. К наиболее распространенным относятся:

- Измерение сопротивления в системе молниезащиты по трёхполюсной схеме;

- Измерение сопротивления в системе молниезащиты по четырехполюсной схеме.

Четырехполюсная система проверки является более точной и сводит до минимума возможность ошибки.

Проверку заземления лучше всего проводить в условиях максимального сопротивления грунта – при сухой погоде или в условиях наибольшего промерзания. В остальных случаях для получения точных данных используются поправочные коэффициенты.

По итогам осмотра системы оформляется протокол проверки молниезащиты, который свидетельствует об исправности оборудования.

На что следует обратить внимание при проверке молниезащиты.

Испытать в действии систему молниезащиты в момент принятия работ вряд ли удастся, так как вероятность того, что в этот момент разразится гроза, очень мала. Поэтому следует обратить внимание на ход проверки:

- рабочие должны осмотреть все видимые части системы молниезащиты, проверить узлы и соединения;
- измерение сопротивления должно проводиться с помощью специального измерительного прибора (MRU-101);
- работы необходимо проводить либо в сухую погоду, либо при достаточно сильном промерзании грунта во избежание возможных ошибок;
- по окончании проверки специалисты должны оформить протокол проверки молниезащиты установленного образца.

Для того чтобы исключить недобросовестные проверки, которые могут повлечь за собой и проблемы с вводом объекта в эксплуатацию, и недостаточную защиту от грозовых разрядов, лучше всего обращаться в надежную, проверенную компанию, специализирующуюся на установке систем молниезащиты.

Обычно проверка системы молниезащиты включает следующие пункты:

- визуальный осмотр целостности молниеприемников и токоотводов, надежность их соединения и крепления к мачтам;
- выявление элементов устройств молниезащиты, требующих замены или ремонта вследствие нарушения их механической прочности;
- определение степени разрушения коррозией отдельных элементов устройств молниезащиты;
- проверка надежности электрических соединений между токоведущими частями всех элементов устройств молниезащиты;
- проверка соответствия устройств молниезащиты назначению объектов;
- измерение значения сопротивления растеканию импульсного тока методом «амперметра-вольтметра» с помощью специализированного измерительного комплекса.

Результаты проверок оформляются актами, заносятся в паспорта и журнал учета состояния устройств молниезащиты. На основании полученных данных составляется план ремонта и устранения дефектов устройств молниезащиты, обнаруженных во время осмотров и проверок.

2 Расчеты и аналитика

В этом разделе будем рассчитывать молниезащиту и заземление для ПС «Московский тракт», расположенной по адресу г.Томск ул. Московский тракт, 109/6. Рабочее напряжения 110/6 кВ, количество силовых трансформаторов – 2. Установленная мощность 50 МВА. На данный момент оборудована одним совместным молниеотводом на портале и одним отдельно стоящим стержневым молниеотводом.



Рисунок 9 –Расположение ПС, 1 – ОРУ; 2 – ТР; 3 – КРУ; 4 -
молниеотвод

Данный объект определен заданием на ВКР. ПС 110/6 кВ «Московский тракт» обеспечивает многие близлежащие кварталы.

При эксплуатации подстанции возможны следующие опасные факторы:

- поражение электрическим током при прикосновении к токоведущим частям;
- поражение электрическим током при прикосновении к токоведущим частям нормально, если они не находятся под напряжением;
- влияние электромагнитного поля на организм;
- поражение электрическим током при работе с неисправным инструментом и средств индивидуальной и коллективной защиты;
- поражение обслуживающего персонала, находящегося в зоне растекания электрического потенциала при замыкании на землю;
- возможность падения персонала с высоты;
- возможность поражения персонала при проведении

коммутационных операций;

- и другие факторы.

Для предотвращения влияния опасных факторов на персонал, необходимо предусматривать следующие мероприятия:

- персонал должен действовать согласно правилам техники безопасности при работе в электроустановках; каждый год должен проводиться контроль знаний, инструктаж по технике безопасности;

- при невозможности ограничения времени пребывания персонала под воздействием электрического поля необходимо применить экранирование рабочих мест: экраны над переходами, экранирующие козырьки и навесы над шкафами управления, вертикальные экраны между выключателями на ОРУ 110 кВ, съёмные экраны при ремонтных работах;

- установка заземляющего контура, заземление и зануление оборудования;

- соблюдение расстояний до токоведущих частей;

- применение надлежащей изоляции, а в отдельных случаях – повышенной;

- надежного и быстродействующего автоматического отключения частей электрооборудования, случайно оказавшихся под напряжением, и поврежденных участков сети, в том числе защитного отключения;

- выравнивание потенциалов;

- применения разделительных трансформаторов;

- применения напряжений 42 В и ниже переменного тока частотой 50 Гц и 110 В и ниже постоянного тока;

- применение предупреждающей сигнализации, надписей и плакатов;

- пожаро- и взрывобезопасность электроустановок, содержащих маслонаполненные аппараты и кабели, а также электрооборудования, покрытого и пропитанного маслами, лаками, битумами и т. п., должна

обеспечиваться в соответствии с требованиями ПУЭ. При сдаче в эксплуатацию указанные электроустановки должны быть снабжены противопожарными средствами и инвентарем в соответствии с действующими положениями

– выполнение организационно-технических мероприятий для безопасного проведения работ.

2.1 Расчет Молниезащиты

При проектировании зданий и сооружений системы электроснабжения необходимо учитывать и предотвращать возможность их поражения ударами молнии. Особенно это относится к открытым электроустановкам.

В соответствии с Руководящими указаниями по защите электростанций и подстанций 3-500 кВ от прямых ударов молнии (ПУМ) и грозовых волн, набегающих с линий электропередачи, защите подлежат следующие объекты, расположенные на их территории: ОРУ, в том числе шинные мосты и гибкие связи, ЗРУ, здания и маслохозяйства.

ОРУ подстанций защищаются от ПУМ стержневыми молниеотводами и только для протяженных шинных мостов и гибких связей применяются тросовые молниеотводы.

Защита ОРУ осуществляется установкой стержневых молниеотводов на порталах подстанций или устройством отдельно стоящих стержневых молниеотводов со своими обособленными заземлителями.

Молниеотводы, установленные на порталах подстанций, дешевле отдельно стоящих молниеотводов, так как требуют меньше металла на изготовление. Они ближе располагаются к защищаемому оборудованию, поэтому эффективнее используется их защитная зона. Но при поражении порталного молниеотвода ударом молнии с большой амплитудой и крутизной фронта импульса тока на молниеотводе и на портале значительно возрастает напряжение. Это напряжение может оказаться достаточным, чтобы

вызвать «обратное» перекрытие изоляции ОРУ с заземленных элементов на токоведущие части подстанции.

Данная подстанцию 110/6 кВ оборудуем четырьмя отдельно стоящими стержневыми молниеотводами М1; М2; М3 и М4.

Активная высота молниеотвода определяется:

$$h_a \geq \frac{D}{8} \cdot p; \quad (2.1.1)$$

где h_a – активная высота молниеотвода;

$D=69$ м – большая диагональ четырехугольника с молниеотводами в его вершинах. $p=1$ при $h \leq 30$ м.

Полная высота молниеотвода определяется:

$$h = h_a + h_x, \quad (2.1.2)$$

где h_x – высота защищаемого объекта;

$$h_{x1}=11,35 \text{ м};$$

$$h_{x2}=5,5 \text{ м}.$$

$$h_a \geq \frac{69}{8} \cdot 1 = 8,375 \text{ м}.$$

Принимаем - 8,5 м.

$$h = 11,35 + 8,5 = 19,85 \text{ м}.$$

Принимаем - 20 м.

Высоту молниеотвода от земли выбирают такой, чтобы защищаемые оборудование и конструкции попали в зону защиты молниеотвода, внутри которой с достаточной надежностью (в электроустановках 99,5% – зона защиты типа А) обеспечивалась бы защита зданий и сооружений от прямых ударов молнии.

Расчетная зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой $h < 150$ м представляет собой конус с высотой:

$$h_0 = 0,85h; \quad (2.1.3)$$

$$h_0 = 0,85 \cdot 20 = 17 \text{ м};$$

и радиусами на уровне земли и уровне защищаемого оборудования:

$$r_0 = (1,1 - 0,002h)h; \quad (2.1.4)$$

$$r_x = (1,1 - 0,002h) \left(h - \frac{h_x}{0,85} \right); \quad (2.1.5)$$

$$r_0 = (1,1 - 0,002 \cdot 20)20 = 21,2 \text{ м};$$

$$r_{x1} = (1,1 - 0,002 \cdot 20) \left(20 - \frac{11,35}{0,85} \right) = 7,04 \text{ м};$$

$$r_{x2} = (1,1 - 0,002 \cdot 20) \left(20 - \frac{5,5}{0,85} \right) = 14,3 \text{ м};$$

Два молниеотвода одинаковой высоты, находящихся друг от друга на расстоянии $h < L_1 < 3h$ ($20 < L_1 = 53 < 3 \cdot 20 = 60$) образуют общую зону защиты.

Середина расстояния между молниеотводами на высоте при $L > h$ равна. Зона характеризуется между молниеотводами гребнем в виде ломаной линии; низкая и высшая точки этого гребня имеет высоту:

$$h_c = h_0 - (0,17 + 3 \cdot 10^{-4}h)(L_1 - h); \quad (2.1.6)$$

$$r_{cx} = \frac{r_0(h_c - h_x)}{h_c}; \quad (2.1.7)$$

$$r_c = r_0; \quad (2.1.8)$$

$$h_c = 17 - (0,17 + 3 \cdot 10^{-4} \cdot 20)(53 - 20) = 11,72 \text{ м};$$

$$r_{cx1} = \frac{21,2(11,72 - 11,35)}{11,72} = 0,67 \text{ м};$$

$$r_{cx2} = \frac{21,2(11,72 - 6)}{11,72} = 10,3 \text{ м};$$

$$r_c = 21,2 \text{ м};$$

$$h < L_1 < 3h;$$

$$20 < L_1 = 26 < 3 \cdot 20 = 60;$$

$$h_c = 17 - (0,17 + 3 \cdot 10^{-4} \cdot 20)(26 - 20) = 15,9 \text{ м};$$

$$r_{cx1} = \frac{21,2(15,9 - 11,35)}{15,9} = 6 \text{ м};$$

$$r_{cx2} = \frac{21,2(15,9 - 6)}{15,9} = 16,2 \text{ м}.$$

Таким образом, имея расчетные данные можем построить схему (Рисунок 10) молниезащиты данной подстанции с учетом всех радиусов

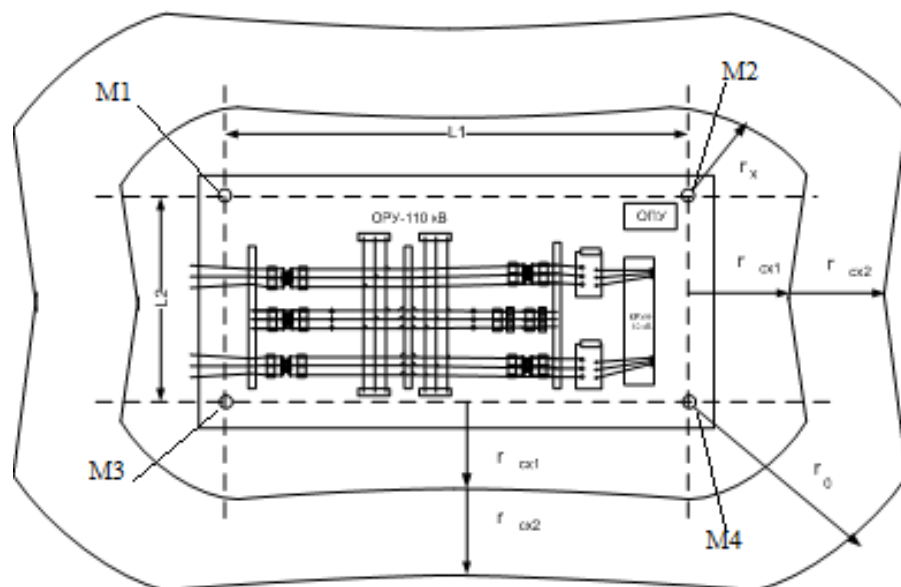


Рисунок 10 – Схема расположение молниезащиты:

M1; M2; M3; M4; - стержневые молниеотводы, r_2 - уровне земли r_1 уровне защищаемого оборудования.

2.2 Расчет защитного заземления подстанции 110/6 кВ

В пределах территории подстанции возможно замыкание на землю в любой точке. В месте перехода тока в землю, если не предусмотрены особые устройства для проведения тока в землю, возникают значительные потенциалы, опасные для людей, находящихся вблизи. Для устранения этой опасности на подстанции предусматривают заземляющие устройства, назначение которых заключается в снижении потенциалов до приемлемых значений.

Вспомогательными заземлителями являются металлические предметы любого назначения, так или иначе соединенных с землей, например, стальных каркасов зданий, арматуры железобетонных оснований, труб любого назначения и т. п.

К основному заземлителю в общем случае присоединяют:

- вспомогательные заземлители;
- нейтрали генераторов, трансформаторов, подлежащих заземлению в соответствии с принятой системой рабочего заземления;
- ОПНы и молниеотводы;
- металлические части электрического оборудования, нормально не находящиеся под напряжением, но могущие оказаться под напряжением при повреждении изоляции, например основания и кожухи электрических машин, трансформаторов, аппаратов, токопроводов, металлические конструкции РУ, ограждения и т. п.;
- вторичные обмотки измерительных трансформаторов, нейтрали обмоток 380/220 В силовых трансформаторов.

Согласно [7] расчет заземляющего устройства проведем в следующем порядке, описанном ниже.

В соответствии с ПУЭ установим допустимое сопротивление заземляющего устройства R_z . Если заземляющее устройство является общим для установок на различное напряжение, то за расчетное принимаем наименьшее из допустимых.

Определяем расчетное удельное сопротивление грунта c_p для горизонтальных и вертикальных электродов с учетом повышающего коэффициента $K_{п.}$, учитывающего высыхание грунта летом и промерзание его зимой по формулам:

$$c_{p.г} = c_{уд} \cdot K_{п.г.}; \quad (2.2.1)$$

$$c_{p.в} = c_{уд} \cdot K_{п.в.}, \quad (2.2.2)$$

где $c_{уд}$ – удельное сопротивление грунта;

$K_{п.г.}$ и $K_{п.в.}$ – повышающие коэффициенты для горизонтальных и вертикальных электродов, соответственно.

Далее рассчитываем сопротивление растеканию одного вертикального электрода по формуле:

$$R_{\text{во}} = \frac{c_{\text{р.в}}}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right), \quad (2.2.3)$$

где l – длина стержня, м;

d – диаметр стержня, м;

t – глубина заложения, расстояние от поверхности почвы до середины стержневого заземлителя, м.

Ориентировочное число вертикальных заземлителей при предварительно принятом коэффициенте использования $K_{\text{и.в}}$ рассчитаем по формуле:

$$N = \frac{R_{\text{во}}}{K_{\text{и.в}} \cdot R_{\text{и}}}, \quad (2.2.4)$$

где $R_{\text{во}}$ – сопротивление растеканию одного вертикального электрода;

$R_{\text{и}}$ – сопротивление искусственного заземлителя.

Коэффициент использования заземлителя учитывает увеличение сопротивление заземлителя вследствие явления экранирования соседних электродов. Определим расчетное сопротивление растеканию горизонтальных электродов $c_{\text{рг}}$ по формуле:

$$R_{\text{рг}} = \frac{c_{\text{рг}}}{z_{\text{г}} \cdot 2\pi l} \cdot \ln \frac{2l^2}{b \cdot t}, \quad (2.2.5)$$

где $z_{\text{г}}$ – коэффициенты использования горизонтальных соединительных электродов;

l – длина электрода;

b – ширина полосы;

t – глубина заложения электрода.

Уточним необходимое сопротивление вертикальных электродов с учетом проводимости горизонтальных соединительных электродов по формуле:

$$R_{\text{в}} = \frac{R_{\text{рг}} \cdot R_{\text{и}}}{R_{\text{рг}} - R_{\text{и}}}. \quad (2.2.6)$$

Число вертикальных электродов с учетом уточненного сопротивления вертикального заземлителя рассчитываем по формуле:

$$N = \frac{R_{вэ}}{K_{и.в} \cdot R_{и}}, \quad (2.2.7)$$

Итак, принимаем окончательное число вертикальных электродов, намечаем расположение заземлителей.

Рассмотрим расчет заземляющего устройства для данной подстанции.

Заземляющее устройство и грозозащита подстанции должны быть выполнены в соответствии с ПУЭ. Сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 0,5 Ом в любое время года. На территории города Томска преимущественно преобладает ортик-грейземы.

Удельное сопротивление грунта $c_{уд} = 100 \text{ Ом} \times \text{м}$.

При расчете заземляющего устройства сопротивлением естественных заземлителей пренебрегаем, они уменьшают общее сопротивление заземляющего устройства, их проводимость идет в запас надежности.

Тогда принимаем $R_{н} = 0,5 \text{ Ом}$.

Расчетные удельные сопротивления грунта для горизонтальных и вертикальных заземлителей определяем как:

$$c_{расч.г} = c_{уд} \cdot K_{пг}; \quad (2.2.8)$$

$$c_{расч.в} = c_{уд} \cdot K_{пв}, \quad (2.2.9)$$

где $K_{пг} = 3,5$ - повышающий коэффициент для горизонтальных электродов;

$K_{пв} = 1,5$ - повышающий коэффициент для вертикальных электродов.

$$c_{расч.г} = 100 \cdot 3,5 = 350 \text{ Ом};$$

$$c_{расч.в} = 100 \cdot 1,5 = 150 \text{ Ом};$$

Далее найдем сопротивление растеканию тока одного вертикального электрода. В качестве вертикального электрода примем круглый стальной стержень диаметром 16 мм, длиной 3м. Верхние концы стержней заглублены на глубину 0,7 м от поверхности земли.

$$R_{во} = \frac{c_{расч.в}}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right), \quad (2.2.10)$$

$$l = 3 \text{ м};$$

$$d = 0,016 \text{ м};$$

$$t = 2,2 \text{ м.}$$

$$R_{\text{во}} = \frac{150}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{16 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2,2 + 3}{4 \cdot 2,2 - 3} \right) = 52,8 \text{ Ом.}$$

Рассчитаем примерное число вертикальных заземлителей при предварительно принятом коэффициенте использования $K_{\text{и.в}} = 0,6$.

$$N = \frac{52,8}{0,6 \cdot 0,5} = 180$$

Далее сделаем расчет сопротивления стекания тока горизонтального заземлителя.

Для выравнивания потенциалов по всей площади подстанции выполняется уравнительный контур из стальных полос сечением $40 \times 4 \text{ мм}^2$, прокладываемый на глубине $0,7 \text{ м}$ от поверхности земли.

Формула для расчета сопротивления растекания горизонтальных электродов, выполненных из полосовой стали, выглядит следующим образом:

$$R_{\text{рг}} = \frac{c_{\text{рг}}}{z_{\text{г}} \cdot 2\pi l} \cdot \ln \frac{2l^2}{b \cdot t}, \quad (2.2.11)$$

где $l - 60 \text{ м};$

$b - 32 \text{ мм}^2;$

$t - 0,7 \text{ м};$

$z_{\text{г}} - 0,36.$

$$R_{\text{рг}} = \frac{350}{0,36 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 60} \cdot \ln \frac{2 \cdot 60^2}{32 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7} = 32,58 \text{ Ом.}$$

Уточняем необходимое сопротивление вертикальных электродов с учетом проводимости горизонтальных заземлителей:

$$R_{\text{в}} = \frac{R_{\text{рг}} \cdot R_{\text{и}}}{R_{\text{рг}} - R_{\text{и}}} = \frac{32,58 \cdot 0,5}{32,58 - 0,5} = 0,5 \text{ Ом.}$$

Определяем окончательное число вертикальных электродов:

$$N = \frac{52,8}{0,64 \cdot 0,5} = 165.$$

Таким образом, заземляющее устройство подстанции состоит из

горизонтальных и вертикальных заземлителей. Горизонтальный заземлитель прокладывается на расстояние 0,8 – 1 м от фундаментов или оснований оборудования. Заземляющие стержни ввинчиваются в грунт по внешнему контуру заземляющего устройства с расстоянием между стержнями 4 м.

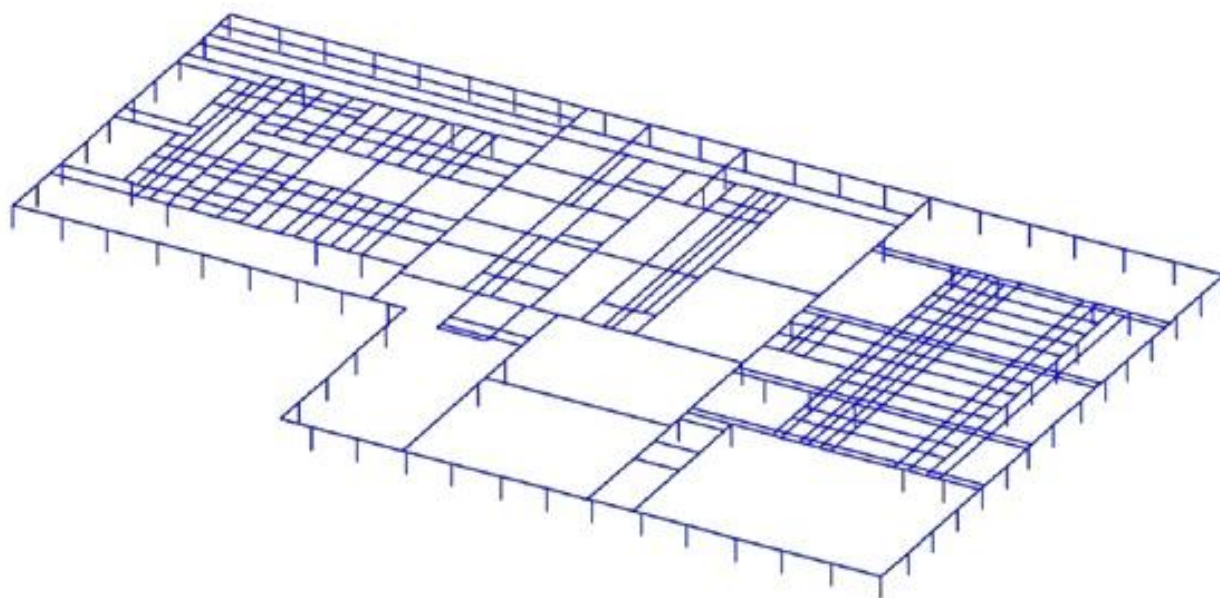


Рисунок 11 – Устройство заземления.

На рисунке 11 выполнено: горизонтальные элементы ЗУ – полосовая сталь 40х4 мм², вертикальные электроды – круглая сталь диаметром 12 мм. Глубина расположения горизонтальных элементов – 0,7 м.

Защитное заземление подстанции соответствует требованиям рабочих заземлений и заземлений средств молниезащиты. Однако, при присоединении средств молниезащиты к защитным заземлениям подстанции необходимо учитывать их особенности.

Защитные и рабочие заземлители отводят в землю ток промышленной частоты и их сопротивление является стационарным, тогда как через средства грозозащиты проходит ток молнии, который имеет импульсную форму. При стекании с заземлителей больших токов молнии в землю вблизи поверхности электродов создаются очень высокие напряженности электрического поля, под воздействием которых пробивается слой земли, прилегающий к поверхности электрода. Вокруг электрода образуется проводящая зона

искрения, которая как бы увеличивает поперечные размеры электрода и тем самым снижает его сопротивление. Однако, наибольший эффект снижения сопротивления за счет искрения имеет место только в том случае, когда электроды имеют небольшие размеры и их индуктивное сопротивление практически не влияет на процесс отвода тока в землю. Такие заземлители называются сосредоточенными.

Следовательно, на подстанции возле каждого молниеотвода устанавливается по три стержня, а у каждого ОПНа (ограничителя перенапряжения) – по одному стержню.

К заземляющим устройствам ОРУ присоединены заземляющие тросы ЛЭП и все естественные заземлители подстанции.

Таким образом, в данной работе были рассчитаны необходимые данные для построения молниезащиты и заземления подстанции.

3 Результаты

В результате работы спроектирована молниезащита подстанции 110/6 кВ «Московский Тракт». В ходе проекта был произведён расчет заземления и молниезащиты подстанции.

По расчетным данным было выяснено, что на подстанции возле каждого молниеотвода устанавливается по три стержня, а у каждого ОПНа (ограничителя перенапряжения) – по одному стержню.

Так же по формулам (2.2.8), (2.2.9) рассчитаны удельные сопротивления грунта ортик-грейземы для горизонтальных и вертикальных заземлителей соответственно:

$$c_{\text{расч.г}} = 350 \text{ Ом};$$

$$c_{\text{расч.в}} = 150 \text{ Ом};$$

Согласно формуле (2.2.6) было рассчитано необходимое сопротивление вертикальных электродов с учетом проводимости горизонтальных заземлителей $R_{\text{в}} = 0,5 \text{ Ом}$.

Для определения окончательного числа вертикальных электродов воспользовались формулой (2.2.4), что составило $N = 165$.

Расчетная зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой $h < 150$ м по формуле (2.1.3) представляющая собой конус с высотой

$$h_0 = 17 \text{ м};$$

и радиусами на уровне земли и уровне защищаемого оборудования:

$$r_0 = 21,2 \text{ м};$$

$$r_{x1} = 7,04 \text{ м};$$

$$r_{x2} = 14,3 \text{ м};$$

Для двух молниеотводов одинаковой высоты, находящихся друг от друга на расстоянии $h < L_1 < 3h$ ($20 < 53 < 60$) образующую общую зону защиты были определены средние высоты и радиусы которые составили:

$$h_c = 15,9 \text{ м};$$

$$r_{cx1} = 6 \text{ м};$$

$$r_{cx2} = 16,2 \text{ м}.$$

Все электрические устанавливаемые аппараты проверены по условиям термической и электродинамической стойкости. При этом электрические аппараты в системе электроснабжения надежно работают как в нормальном длительном режиме, так и в условиях аварийного кратковременного режима, простоты и компактны в конструкции, удобны и безопасны в эксплуатации.

4 Социальная ответственность

4.1 Введение

Объектом исследования в данной работе является обеспечение защиты подстанции и примыкающей к ней воздушной линии электропередачи от проявления атмосферного электричества, область применения которой непосредственно связана в преобразовании и распределении электрической энергии. Для надежной работы подстанции необходимо спроектировать молниезащиту. Для надёжной защиты от попадания молний, устанавливают стержневые молниеотводы, установленные по углам подстанции, предназначенные для отвода разрядов молний. Основным принципом этого является недопущение термических, механических и электрических воздействий, т.к. это ведёт к повреждению защищаемого объекта и появлению шагового напряжения. Для предотвращения искрообразования внутри здания и выхода оборудования из эксплуатации применяются молниеотводы и разрядники.

4.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.2.1 Правовые нормы трудового законодательства

На работах с вредными и опасными условиями труда запрещается применение труда женщин и лиц в возрасте до восемнадцати лет. Перечни работ с вредными и опасными условиями труда, на которых запрещается применение труда женщин и лиц в возрасте до восемнадцати лет, утверждаются в установленном порядке.

Режимы труда и отдыха работников устанавливаются правилами внутреннего трудового распорядка и иными локальными нормативными актами работодателя в соответствии с трудовым законодательством.

Российским законодательством, работникам за тяжелые работы и работы с вредными и опасными условиями предусмотрены следующие льготы и компенсации:

- ежегодный дополнительный отпуск минимальной продолжительности 7 календарных дней (ст.117 ТК РФ, Постановление правительства РФ от 20.11.2008 г. №870 «Об установлении сокращенной продолжительности рабочего времени, ежегодного дополнительного оплачиваемого отпуска, повышенной оплаты труда работникам, занятым на тяжелых работах, работах с вредными и (или) опасными и иными особыми условиями труда»);

- повышение оплаты труда - не менее 4% тарифной ставки (оклада), установленной для различных видов работ с нормальными условиями труда (ст. 147 ТК РФ, Постановление правительства РФ от 20.11.2008 г. №870).

4.2.2 Организационные мероприятия

В соответствии с Постановлением Минтруда России и Минобразования России от 13 января 2003 г. № 1/29 «Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций» к выполнению работ допускаются работники, прошедшие обучение по охране труда и проверку знаний требований охраны труда в установленном порядке.

Работникам должна быть выдана специальная одежда, обувь и другие СИЗ (средства индивидуальной защиты).

4.3 Производственная безопасность

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при разработке или эксплуатации проектируемого решения.

Таблица 4.1 - Возможные опасные и вредные факторы

	Этапы работ	Нормативные

Факторы	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	документы
1.Отклонение показателей микроклимата			+	СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [10]. ГОСТ 12.1.003-83 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности» [11]. СанПиН 2.2.4.1191-03 "Электромагнитные поля в производственных условиях" [13]. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение [12]. ГОСТ Р ЕН 361-2008 Средства индивидуальной защиты от падения с высоты [14].
2. Превышение уровня шума			+	
3.Отсутствие или недостаток естественного света			+	
5. Повышенное значение напряжённости магнитного поля		+	+	
6. Электробезопасность		+	+	
7. Проведение работ на высоте			+	

4.3.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования

Вредные факторы

На рабочий персонал в процессе работы будут воздействовать следующие вредные факторы: отклонение показателей микроклимата в помещениях ПС; воздействие шумов; освещение рабочих областей; отклонённые от нормы значения электромагнитных полей.

Микроклимат

Параметры микроклимата на рабочих местах и в производственных помещениях нормируются по трем основным показателям: температура воздуха, относительная влажность воздуха и скорость движения воздуха. Указанные параметры различны для теплого и холодного периодов времени года. Соблюдение гигиенических требований к микроклимату производственных помещений в холодный период позволяет поддерживать на рабочем месте здоровую, благоприятную для организма человека обстановку.

Под влиянием низких и пониженных температур воздуха могут развиваться ознобления, длительное охлаждение способствует развитию острых респираторных и вирусных инфекций, заболеваний периферической нервной, мышечной систем и суставов (радикулиты, невриты, миозиты), ревматоидных заболеваний.

Таблица 4.2 - Критерии оптимального теплового состояния человека

Показатель теплового состояния человека	Энергозатраты, Вт/м ² , (ккал/м ² г)				
	69 (60)	87 (75)	113 (97)	145 (125)	177 (153)
Температура тела, ректальная, t_{pr} , °C	37,1 – 37,2	37,2 – 37,3	37,3 – 37,5	37,4 – 37,6	37,5 – 37,7
Средняя температура тела, $t_{ст}$, °C	35,3 – 35,8	35,3 – 35,8	35,3 – 35,8	35,3 – 35,8	35,3 – 35,8
Изменение теплосодержания, $\Delta Q_{тс}$, кДж/кг, (ккал/кг)		±0,87	(±0,2)		
Увеличение частоты сердечных сокращений, $\Delta ЧСС$, уд/мин	До 6	7 – 10	11 – 18	19 – 25	26 – 32
Влагопотери, ΔP , г/ч	До 80	До 100	До 120	До 150	До 180
Теплоощущения, T_o , баллы	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Разность между температурой кожи груди и стопы, ($t_{кг} - t_{кс}$), °C	2 – 4		2 – 4		не характерна

Таблица 4.3 - Критерии предельно-допустимого теплового состояния человека, (для продолжительности не более трех часов за рабочую смену)

Показатель теплового состояния человека	Энергозатраты, Вт/кв.м, (ккал/кВ.м ч)				
	69 (60)	88 (75)	113 (97)	145 (125)	178 (153)
1. Температура тела, ректальная, t_{pr} , °C	37,4	37,5	37,6	37,7	37,8
3. Средняя температура тела*, $t_{ст}$, °C	36,7	36,7	36,7	36,7	36,7
4. Изменение теплосодержания* (накопление тепла), $\Delta Q_{тс}$, кДж/кг, (ккал/кг)	4,00 (0,95)	4,00 (0,95)	4,00 (0,95)	4,00 (0,95)	4,00 (0,95)
5. Увеличение частоты сердечных сокращений*, $\Delta ЧСС$, уд/мин	12	17	24	31	38

Показатель теплового состояния человека	Энергозатраты, Вт/кв.м, (ккал/кВ.м ч)				
	69 (60)	88 (75)	113 (97)	145 (125)	178 (153)
6. Влагопотери, ΔP , г/ч	120	150	180	220	260
7. Теплоощущения*, То, баллы	6	6	6	6	6

Производственный шум

Обычно источником шума на подстанции являются активные трансформаторы и автотрансформаторы, электрические машины, установки с вентиляцией установленные на открытом распределительном устройстве.

Шум ухудшает условия труда и оказывает вредное воздействие на организм человека. При достаточно длительном воздействии происходит ухудшение слуха, потеря остроты зрения, повышается кровяное давление. Корректированные уровни звуковой мощности трансформаторов для различных видов циркуляции представлены в [12]. Уровень шума не должен превышать допустимых значений 80 дБ [12].

Освещенность

Неправильное освещение рабочей зоны может стать причиной производственного травматизма. Основные работы на подстанции производятся на ОРУ. Светотехническое оборудование сети наружного освещения, как правило, размещается на прожекторных мачтах и парапетах кровель зданий подстанции. Дополнительно, для поддержания необходимого уровня освещенности, светильники наружного освещения могут устанавливаться по месту размещения электрооборудования (например, у силовых трансформаторов для подсветки приборов контроля).

Для наружного освещения должны применяться светильники с источниками света, характеризующимися высокой световой отдачей: светодиодные, с лампами ДНаТ.

Расположение и мощность осветительных установок наружного освещения должны обеспечивать нормируемый уровень освещенности (таблица 4.4) в темное время суток и в условиях плохой видимости на

открытых участках территории подстанции, где происходит движение транспорта и людей, и на рабочих поверхностях электрооборудования.

Таблица 4.4 - Нормы освещенности открытых участков территории подстанции

Участок, рабочее место	Рабочая плоскость (Г – горизонтальная, В – вертикальная), м	Разряд и подразряд для зрительной работы	Наименьшая освещенность, лк	Дополнительные указания
ОРУ:				
газовые реле, указатели масла, разъемные части разъединителей	В	XII	10	
выводы трансформаторов и выключателей, кабельные муфты, разрядники, места управления разъединителями и выключателями	В	XIII	5	
Проезды и проходы:				
главные проезды, проходы между оборудованием	Г – 0,0	—	1	
подъезды и проходы к зданиям, стоянки транспорта	Г – 0,0	—	2	
остальные проходы и проезды	Г – 0,0	—	0,5	
железнодорожные пути	железнодорожное полотно	—	0,5	
ступени и площадки лестниц и переходных мостиков	Г	—	0,5	

Электромагнитное излучение

Электромагнитное поле является вредным фактором. В процессе эксплуатации электроэнергетических установок, расположенных на ОРУ и

воздушных линиях электропередач высокого напряжения у работающего персонала может наблюдаться ухудшение здоровья. Проявляется это в повышенной утомляемости, вялости, сердечной и головной боли. Интенсивное воздействие электромагнитного поля вызывает у работающих нарушение работы нервной системы и сердечно – сосудистой систем. Принято считать, что при нахождении человека в электромагнитном поле он поглощает некоторое количество электромагнитной энергии, это эффект воздействия электромагнитного поля на человека. Сведения по магнитным полям в таблице 4.5 согласно [13].

Таблица 4.5 – Допустимые уровни напряженности магнитного поля

Время пребывания	Допустимые уровни МП, Н [А/м] / В [мкТл]	
	Общее воздействие	Локальное воздействие
< 1	1600/2000	6400/8000
2	800/1000	3200/4000
4	400/500	1600/2000
8	80/100	800/1000

Непосредственно для территорий подстанций и высоковольтных линий электропередач согласно [13], установлены нормы на предельно допустимые напряженности электрического поля промышленной частоты.

- При $E \geq 25$ кВ/м – пребывание в электрическом поле без средств защиты не допускается;
- При $20 < E < 25$ кВ/м – пребывание в электрическом поле не более 10 минут;
- При $5 < E < 20$ кВ/м – допустимое время пребывания в электрическом поле вычисляется по формуле: $T = (50/E)$ – не более 2 часов;
- При $E < 5$ кВ/м – пребывание в электрическом поле допускается в течении полного рабочего дня;

Опасные факторы

Опасный производственный фактор – фактор, приводящий к травме работающего или к другому внезапному резкому ухудшению здоровья.

Работы на высоте

При выполнении высотных работ по монтажу и эксплуатации существует возможность падения, так как рабочая среда представляет собой территорию подстанции и территорию под ЛЭП с работой на опорах.

Работы на высоте, проводятся не более чем в 5-ти метрах от поверхности земли, перекрытия, производится с конструкцией или оборудованием при монтаже и ремонте. В качестве средств защиты от падения с высоты используются: предохранительные пояса, удлинители стропа пояса, страховочные канаты [14].

Электробезопасность

Защита человека от воздействия высоких температур от оборудования выполняется путем тепловой изоляции нагретых частей оборудования. Температура на наружной поверхности изоляции регламентируется согласно [14]. (от -50 до +50 по Цельсию)

Для защиты от прямого удара молнии на территории подстанции устанавливают стержневые молниеотводы – это заземленные металлические конструкции, отводящие большие токи молнии в землю. Молниеотводы обеспечивают надёжную защиту подстанции от ПУМ.

Поражения обслуживающего персонала электрическим током при прикосновении к неизолированным или поврежденным токоведущим частям можно избежать, если соблюдать правила по ТБ.

На подстанции могут возникнуть такие чрезвычайные ситуации как пожары и взрывы.

4.3.2 Обоснование мероприятий по защите от действия опасных и вредных факторов

С целью профилактики неблагоприятного воздействия параметров микроклимата в холодный период времени года, все въездные и другие часто открывающиеся проемы оборудуются тамбурами или воздушными завесами.

Если обогрев здания невозможен, применяют воздушное и лучистое отопление. При работе на открытом воздухе в холодный период работодатель устанавливает перерывы на обогрев работников в специально-оборудованных теплых помещениях, выдает работникам соответствующую спецодежду, обувь, рукавицы, обладающие теплозащитными свойствами и другие СИЗ. Существенную роль в оздоровлении условий труда играют механизация и автоматизация технологических процессов, изменения в регламентации рабочего времени, в том числе установление перерывов в работе, сокращение рабочего дня, увеличение продолжительности отпуска. Особое место в профилактических мероприятиях при работе в холодный период времени года занимают организация производственного контроля за соблюдением температурного режима, проведения медицинских осмотров и прививок против гриппа.

Если напряженность электрического поля превышает предельно допустимые уровни, принимаются различные меры по ее снижению. На подстанциях применяют экранирующие устройства. Для ограничения напряженности поля под ЛЭП используют заземленные тросы, установленные под высоковольтными проводами.

В соответствии с ПУЭ необходимо сооружать контуры заземления и применять защитное заземление оборудования, чтобы при повреждённой изоляции избежать поражение электрическим током персонала.

4.4 Экологическая безопасность

4.4.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

На окружающую среду влияет множество производственных и не только факторов, также на окружающую среду влияют подстанции, на которых существуют такие факторы как: шум, создаваемый ОРУ; маслonaполненное оборудование (которое может быть источником загрязнения почвы в результате ЧС); повышенная напряженность ЛЭП.

Исходя из различных факторов, таких как: тип подстанций (открытые, закрытые); результаты натурных измерений; мощность на основании расчетов физического воздействия на атмосферный воздух, устанавливается санитарно-защитная зона. В ходе рассмотрения данного вопроса был выявлен ряд факторов, в котором подстанции и линии электропередач оказывают влияние на окружающую среду. К числу данных факторов относится вырубка лесов по ходу развития ВЛ, возникающие в земле блуждающие токи, загрязнение почвы маслonaполненным оборудованием, образование зон с повышенной напряженностью электромагнитных полей.

4.4.2 Анализ «жизненного цикла» объекта исследования

В ходе эксплуатации объекта происходит старение оборудования и его изоляции. Исходя из этого могут происходить различные ЧС, которые будут влиять непосредственно на окружающую среду.

При старении изоляции, она теряет свои свойства, что в дальнейшем приведёт к таким ЧС: взрыв, пожар на объекте исследования; возникновение электромагнитных полей. Которые, в свою очередь, будет влиять на окружающую среду.

4.4.3 Мероприятия по защите окружающей среды

Решение проблем по экологической безопасности на территории подстанции можно осуществлять методами, согласно [15] и [16].

Нормы и требования:

- Применение сухих трансформаторов и конденсаторов с экологически чистым жидким диэлектриком;
- Применение электрооборудования, обеспечивающего электрическую и пожар взрывобезопасность;
- Принятие мер по полному предотвращению попадания трансформаторного масла на поверхность земли;
- Применение устройств, предотвращающих гибель птиц и животных.

4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.5.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

В качестве профилактических мероприятий применяется соблюдение персоналом подстанции норм и правил пожарной безопасности. Все рабочие должны проходить специальную противопожарную подготовку. Приобретение навыков в различных ситуациях с использованием имеющихся СИЗ, умения правильно действовать при возникновении ЧС и в случае необходимости оказывать первую помощь пострадавшим.

В качестве первичных средств пожаротушения применяются ящики с песком и лопатами, топоры, углекислотные или порошковые огнетушители, пожарные рукава. На подстанциях устанавливаются пожарные щиты или посты.

Наиболее характерными для подстанции являются ЧС техногенного и экологического характера. Возможными ЧС техногенного характера являются пожары и взрывы на используемом маслонаполненном оборудовании. Экологического характера – загрязнение окружающей среды, происходящие при аварийном сбросе масла маслонаполненного оборудования.

Наиболее типичной чрезвычайной ситуацией, которая может произойти на подстанции является пожар, возникающий вследствие неисправности маслонаполненного оборудования.

4.5.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований

При проведении исследования могут возникнуть ЧС аналогичные тем, которые могут возникнуть при эксплуатации ПС.

4.5.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

В качестве превентивных мер по предотвращению пожаров и взрывов на объекте используются такие меры как: не менее одного раза за полгода необходимо проводить со всеми работниками противопожарный; необходимо проводить обучение всех работников правилам противопожарной безопасности; внедрение инструктивных материалов наглядной агитации, регламентов и норм ведения технологического процесса на подстанции; необходимо устраивать противоаварийные работы с распределением выполнения работ при аварийных ситуациях [17].

Рассмотрим оперативный план пожаротушения:

1. При возникновении пожара на подстанции первый заметивший загорание должен сообщить начальнику группы подстанций (мастеру).
2. В свою очередь начальник группы подстанций (мастер) в их отсутствие оперативный или оперативно-производственный персонал должен немедленно сообщить о пожаре в пожарную охрану, при этом назвать адрес подстанции, место возникновения пожара, указать количество трансформаторного масла находящегося в горящем оборудовании, сообщить диспетчеру ОДС.

3. Начальник группы подстанций (мастер, оперативный или оперативно-производственный персонал) до прибытия первого пожарного подразделения к месту пожара является руководителем тушения пожара и обязан:

а) оценить пожарную обстановку, спрогнозировать распространение пожара и возможность образования новых очагов горения;

б) принять меры по созданию безопасных условий персоналу и л/с пожарных подразделений для тушения пожара, в случае угрозы жизни людей немедленно организовать их спасение;

с) произвести необходимые операции по отключению и заземлению оборудования, отключение или переключение в зоне пожара может производиться по типовым бланкам переключения или по оперативным карточкам, с последующим уведомлением диспетчера ОДС;

д) мобилизовать персонал и членов ДПД на тушение пожара первичными средствами пожаротушения;

е) направить для встречи пожарных подразделений лицо, хорошо знающее расположение подъездных путей и ближайших водоемисточников;

ф) провести инструктаж по правилам БЭЭ и выдать письменный допуск на тушение пожара первому прибывшему старшему оперативному начальнику пожарной охраны.

4. Старший начальник пожарной охраны, прибывший к месту пожара, обязан немедленно связаться с руководителем тушения пожара, получить от него данные об обстановке на пожаре и письменный допуск на проведение тушения (приложение №1) в котором указывается, какое оборудование или какие его токоведущие части остались под напряжением, какие обесточены и принять на себя обязанности руководителя тушения пожара.

5. С начальника группы подстанций (мастера, оперативного или оперативно-производственного персонала) или пожарной охраны, которые не

приняли на себя руководство тушением пожара, не снимается ответственность за организацию тушения пожара.

6. Для руководства тушением пожара организуется штаб. В состав штаба входит начальник группы подстанций (мастер, оперативный или оперативно-ремонтный персонал), который должен иметь на руке красную отличительную повязку с нанесенным знаком электрического напряжения.

7. При тушении пожара работа пожарных подразделений (расстановка сил и средств пожаротушения, перемена позиций, переход от одних средств пожаротушения к другим и т.п.) производится с учетом указаний представителя группы подстанций. В свою очередь представитель группы подстанций согласовывает с РТП свою работу и распоряжения, а также информирует во время пожара об изменениях в состоянии работы электроустановок и другого оборудования.

Зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки **выше 61 ° С** масляных трансформаторов

В рассматриваемой рабочей зоне (ОРУ) присвоена класс опасности I из-за наличия масляных трансформаторов, т.к. Зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки **выше 61 ° С**, для увеличения противопожарной устойчивости: периодический осмотр состояния оборудования подстанции, при необходимости вывод его в ремонт; содержание в исправном состоянии токоведущих проводников, обеспечение беспрепятственного подхода, подъезда и отхода от оборудования; благоустройство территории ОРУ, скашивание травы. Для тушения пожаров различных классов порошковые огнетушители должны иметь соответствующие заряды: для пожаров класса А – порошок АВСЕ.

В помещениях для оповещения рабочего персонала о наличии ЧС предусмотрено звуковое оповещение, происходящее при срабатывании датчиков на задымление в помещениях [18].

4.6 Заключение

В разделе «Социальная ответственность» исследовали рабочую зону. Определили вредные и опасные факторы, негативно влияющие на состояние рабочих. Обосновали выбор индивидуальных средств защиты для персонала при различных условиях работы. Провели анализ возникновения ЧС на объекте исследования, которые влияют на окружающую среду. Также рассмотрели мероприятия по предотвращению ЧС и порядка действия в случае возникновения ЧС.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела является оценка коммерческого и инновационного потенциала научно-исследовательской работы (НИР), планирование процесса управления НИР, определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности.

В данном разделе ВКР необходимо произвести расчет экономических показателей грозозащиты подстанции «Московский тракт» на номинальное напряжение 110 кВ.

Эксплуатация грозозащиты для подстанции с рассчитанными характеристиками повышает надежность электроснабжения, позволяет избежать ремонта трансформаторного оборудования, возникающего при атмосферных перенапряжениях.

5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Проводим сегментацию целевого рынка для анализа потребителей результата исследования.

Возможные потребители проекта:

- ПС «Томская»
- ПС «Московский тракт»

Расчет и проектирование молниезащиты электрической подстанции позволит выполнить следующие сегменты:

- Выбор защиты;
- Повышение надежности защиты;
- Уменьшение затрат на дальнейшую эксплуатацию.

Приведем карту сегментирования рынка в Таблице 5.1.

Таблица 5.1 – карта сегментирования целевого рынка

		Цель исследования	
		Повышение надежности защиты	Уменьшение затрат на дальнейшую эксплуатацию
Потр	ПС «Томская»	+	+
	ПС «Московский тракт»	+	+

5.2 Анализ конкурентных технических решений

В данной работе необходимо составить план научно – исследовательской работы, определить трудоемкость выполнения работ и рассчитать бюджет научно – технического исследования к проектированию грозозащиты подстанции. Методика расчета и основной выбор защиты взят на основании документа РД 34.21.122-87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений», в котором прописаны основные виды защиты, применяемые на территории стран СНГ.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки. В качестве сравнения выберем Разрядники (внутренняя молниезащита) и исследуемые Молниеотводы (внешней молниезащиты). Для этого была составлена оценочная карта, таблица 5.2.

Таблица 5.2. – Оценочная карта конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Разрядники	Молниеотводы	Разрядники	Молниеотводы
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Уровень шума	0,18	4	4	0,72	0,72
2. Габариты	0,12	3	3	0,36	0,36
3. Надежность	0,05	2	4	0,1	0,2

4. Безопасность	0,15	4	4	0,6	0,6
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Обслуживание	0,17	4	4	0,68	0,68
2. Цена	0,13	3	3	0,39	0,39
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,2	4	4	0,8	0,8
Итого	1	24	26	3,65	3,75

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i = 0,18 \cdot 4 = 0,72, \quad (5.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента; B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл i -го показателя.

В ходе проведения данного анализа определили, что масса-габаритные характеристики для Молниеотводов (Внешней молниезащиты) оказался выше, чем у Разрядников (Внутренней молниезащиты), это и стало главным выбором в пользу разрядника с большей оценкой конкурентоспособности.

5.3 Технология QuaD

Другой метод оценки перспективности проекта это технология *QuaD*. Она представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

Оценка качества и перспективности по технологии *QuaD* определяется по формуле:

$$П_{cp} = \sum B_i \cdot B_i, \quad (5.2)$$

где $П_{cp}$ – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

По значению P_{cp} судят о разработке. Если значение показателя P_{cp} 80-100, то перспективность разработки считается высокой. Если 60-79 – то выше среднего. Если 40-69 – то средняя. Если 20-39 – то ниже среднего. Если 19 и ниже – то очень низкая.

Для наглядной иллюстрации и систематизации результатов анализа будет использована оценочная карта (Таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Оценочная карта QuaD-анализа

Критерии оценивания	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5*2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1. Надежность работы	0,082	85	100	0,85	0,0697
2. Габаритные размеры	0,066	60	100	0,6	0,0396
3. Безопасность	0,082	90	100	0,9	0,0738
4. Уровень шума	0,066	60	100	0,6	0,0396
5. Простота эксплуатации	0,049	60	100	0,6	0,0294
6. Механическая прочность	0,082	80	100	0,8	0,0656
7. Ремонтопригодность	0,082	80	100	0,8	0,0656
8. Простота изготовления	0,049	60	100	0,6	0,0294
9. Пожаробезопасность	0,082	80	100	0,8	0,0656
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
11. Простота обслуживания	0,066	70	100	0,7	0,0462
12. Цена	0,066	60	100	0,6	0,0396
13. Предполагаемый срок эксплуатации	0,066	85	100	0,85	0,0561
14. Затраты на послепродажное обслуживание	0,049	55	100	0,55	0,02695
15. Конкурентоспособность продукта	0,049	90	100	0,9	0,0441
Итого	1				0,69125

Значение P_{cp} позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя P_{cp} получилось от 79 до 60 (в данном случае 69,125) – то перспективность выше среднего.

5.4 SWOT-анализ

SWOT – анализ, который позволяет определить причины эффективной или неэффективной работы компании на рынке. Данный анализ маркетинговой информации на основании которого делается вывод о том, в каком направлении организация должна развивать свой бизнес и в конечном итоге определяется распределение ресурсов по сегментам. Результатом анализа является разработка маркетинговой стратегии или гипотезы для дальнейшей проверки. При прочих равных возможностях и ресурсах (а чаще всего исходные ресурсы - деньги), стратегия должна строиться так, чтобы максимально эффективно использовать свои сильные стороны, а также появляющиеся рыночные возможности, компенсировать слабые стороны, избегать или снижать негативное воздействие угроз.

SO – мероприятия, которые необходимо провести, чтобы использовать сильные стороны для увеличения возможностей компании.

WO – мероприятия, которые необходимо провести, преодолевая слабые стороны и используя представленные возможности.

ST – мероприятия, которые используют сильные стороны организации во избежание угроз.

WT – мероприятия, которые минимизируют слабые стороны во избежание угроз.

Таблица 5.4 – Матрица SWOT – анализ

	Сильные стороны(S)	Слабые стороны (W)
	С1. Государственная поддержка; С2. Квалифицированный персонал; С3. Надежность производства электроэнергии на подобных подстанциях; С4. Высокая технологическая эффективность;	Сл1. Большой срок окупаемости; Сл2. Малое количество инвесторов; Сл.3 Сложность технического регулирования.

Возможности (О)		
В1. Постоянно растущий спрос на электроэнергию В2. Отсутствие конкуренции;	1. Снабжение электричеством важные государственные объекты, обеспечивая себе новых потребителей. 2. Производство качественной электроэнергии за счет квалифицированного персонала.	1. Установка дополнительных фильтров, которые уменьшат вредные выбросы в окружающую среду. 2. Переход на более экологически чистые источники энергии.
Угрозы (Т)		
У1. Старение оборудования.	1. Уменьшение срока окупаемости оборудования за счёт работы станции на полную мощность. 2. Привлечение инвесторов при помощи государства за счет некоторых привилегий.	

В результате проведения SWOT-анализа была разработана маркетинговая стратегия, вследствие которой для данного проекта необходимо грамотно спроектировать объект, уменьшить срок окупаемости за счет работы станции на полную мощность и эффективно провести экономический расчет, чтобы учесть все непредвиденные расходы вследствие потенциальных внешних угроз.

5.5 Планирование научно-исследовательских работ

5.5.1 Структура работ в рамках проектирования

Планирование разработки проекта – этап, необходимый для рациональной его организации. Планирование совокупности предполагаемых работ осуществляется в следующей последовательности:

- формирование структуры работ в рамках проекта;
- утверждение участников работ каждого типа;
- определение продолжительности предполагаемых работ;
- формирование графика проведения работ.

Для реализации проекта устанавливается рабочая группа:

- Амелькович Ю. А. – руководитель проекта;
- Айтжанов А. Б – исполнитель.

В таблице 5.5 представлен перечень этапов, работ и распределение исполнителей в рамках выполнения проекта.

Таблица 5.5 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Базисные этапы	№	Содержание работ	Ответственный
Разработка технического задания	1	Формирование технического задания и его утверждение	Амелькович Ю.А.
Обозначение направления исследований	2	Обсуждение основных положений исследования	Амелькович Ю.А. Айтжанов А.Б.
	3	Подбор материалов по тематике исследования	Айтжанов А.Б.
	4	Календарное планирование предполагаемых работ	Амелькович Ю.А.
Проведение теоретических исследований и инженерных расчетов	5	Анализ грозовой активности	Айтжанов А.Б.
	6	Предварительный выбор объекта исследования	
	7	Расчет защиты от проявлений атмосферного электричества	
Обобщение результатов и оценка	8	Проверка полученных результатов	Айтжанов А.Б.
Координация и контроль ВКР	9	Консультирование исполнителя по отдельным вопросам, проверка завершённой работы	Амелькович Ю.А.
			Амелькович Ю.А.
Разработка технической документации и проектирование	10	Построение принципиальной схемы	Айтжанов А.Б.
Оформление комплекта документации ВКР	11	Оформление пояснительной записки ВКР в соответствии с СТО ТПУ	Айтжанов А.Б.

5.5.2 Разработка графика выполнения проекта

В связи с тем, что тема проекта имеет сравнительно небольшой объем, наиболее удобным и при этом наглядным способом иллюстрации графика работ представляется диаграмма Ганта. Диаграмма Ганта представляет собой горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме исследования представляются протяженными во времени отрезками, ограниченными датами начала и окончания выполнения работ. Для получения наглядного графика, длительность этапов работ переводим из рабочих дней в календарные дни в соответствии с формулой, представленной ниже:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (5.3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Для определения коэффициента календарности используем следующую формулу:

$$k_{\text{кал}} = \frac{k_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5.4)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе округляем до целого числа.

Принцип выполнения расчета проиллюстрируем на примере.

1) Работа «Календарное планирование исследования» для руководителя:

а) ожидаемая трудоемкость выполнения работы:

$$t_{\text{ож}} = \frac{3 \cdot t_{\text{min}} + 2 \cdot t_{\text{max}}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \text{ чел. - дн.}; \quad (5.5)$$

б) продолжительность работы:

$$T_p = \frac{t_{\text{ож}}}{\text{ч}} = \frac{1,4}{1} \approx 1 \text{ день}; \quad (5.6)$$

в) коэффициент календарности (6-ти дневная рабочая неделя):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22; \quad (5.7)$$

г) продолжительность работы в календарных днях:

$$T_k = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 1 \cdot 1,22 \approx 2 \text{ дня.} \quad (5.8)$$

На основании таблицы 5.6. строится график Ганта (Рисунок 12).

Таблица 5.6 – Временные показатели выполнения проекта

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}		Длительность работ в календарных днях, T_{Ki}	
	t_{min} , чел.-дн.		t_{max} , чел.-дн.		$t_{ожі}$, чел.-дн.					
	Амелькович Ю.А.	Айтжанов А.Б.	Амелькович Ю.А.	Айтжанов А.Б.	Амелькович Ю.А.,	Айтжанов А.Б.	Амелькович Ю.А.	Айтжанов А.Б.	Амелькович Ю.А.	Айтжанов А.Б.
Формирование технического задания и его утверждение	1		2		1,4	0	1	0	2	0
Обсуждение основных положений исследования	1	1	2	2	1,4	1,4	1	1	2	2
Подбор материалов по тематике исследования		3		5	0	3,8	0	5	0	7
Календарное планирование исследования	1		2		1,4	0	1	0	2	0
Анализ грозовой активности		3		5	0	3,8	0	4	0	5
Предварительный выбор объекта исследования		4		6	0	4,8	0	5	0	7
Расчет защиты от проявлений атмосферного электричества		16		22	0	18,4	0	21	0	26
Проверка полученных результатов		1		6	0	3	0	4	0	6
Консультирование исполнителя по отдельным вопросам, проверка завершённой работы	2		4		2,8	0	3	0	5	0
Построение принципиальной схемы		6		10	0	7,6	0	8	0	11
Оформление пояснительной записки ВКР по СТО ТПУ		4		6	0	4,8	0	5	0	8
Итого	5	38	10	62	7	47,6	6	52	11	72

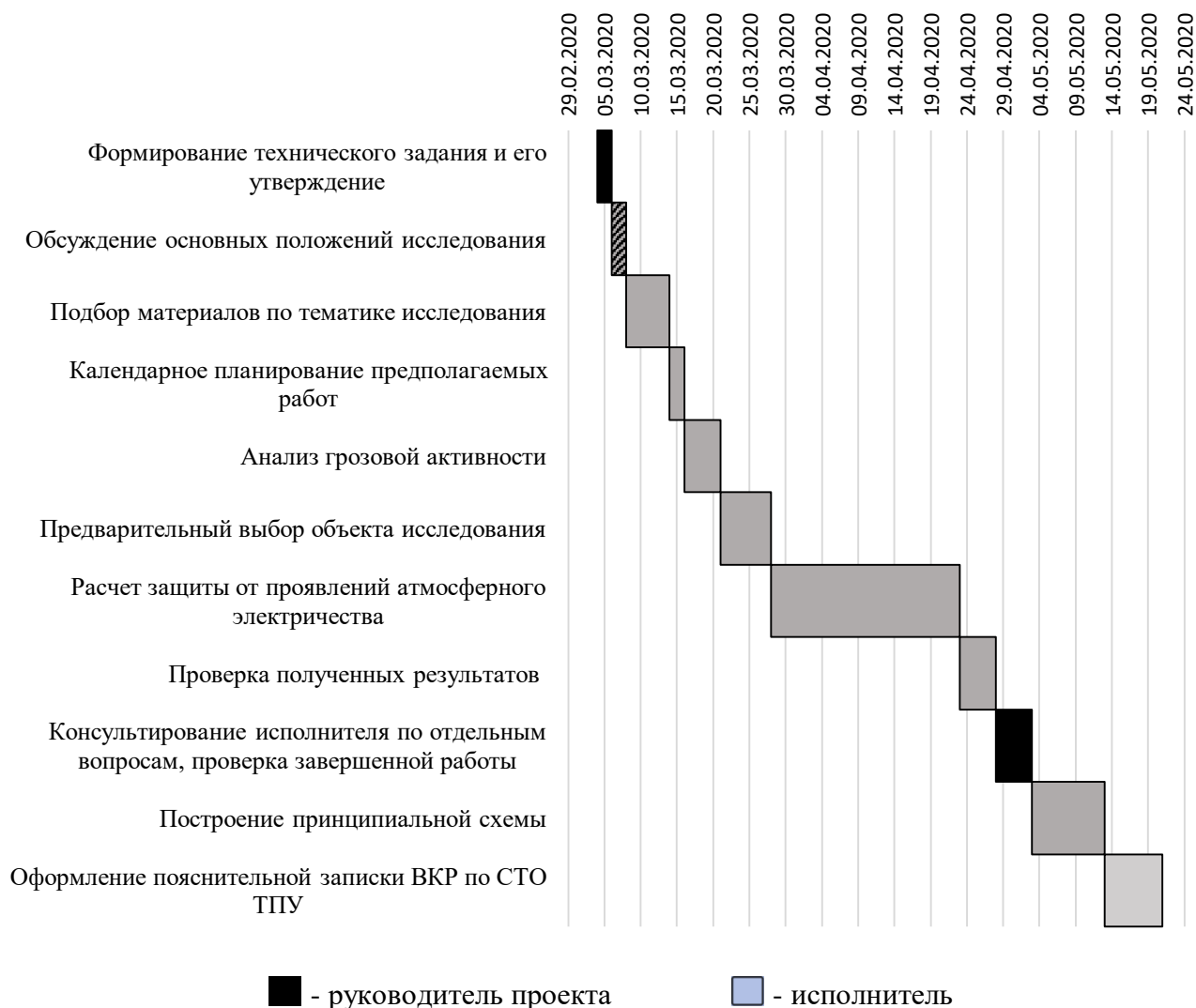


Рисунок 12 – График Ганта

В ходе данного этапа работы были определены длительности и обозначены сроки выполнения всех запланированных видов работ. Был построен график Ганта, наглядно иллюстрирующий этапы выполнения проекта участниками. Итоговая длительность выполнения проекта в календарных днях составила 83 дней: 11 дней – длительность работ, выполняемых руководителем проекта; 72 дней – длительность работ, выполняемых исполнителем.

5.5.3 Определение бюджета проекта

В процессе планирования бюджета проекта необходимо обеспечить полное и точное отражение всех видов расходов, которые связаны с его выполнением. Ниже представлена группировка затрат по статьям расходов, используемая при формировании бюджета проекта:

- амортизационные отчисления;
- основная заработная плата участников;
- дополнительная заработная плата участников;
- страховые отчисления;
- накладные расходы.

5.6. Материальные затраты

- покупка канцелярских товаров, необходимых для функциональной работы.

Таблица 5.7 – Затраты на канцелярские товары

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Стержни на карандаш	Упаковка	1	22	22
Бумага для принтера, формата А4	Упаковка	1	220	220
Тетрадь	Штука	1	80	80
Ручка	Штука	3	35	105
Итого				427

5.6.1. Амортизационные отчисления

На данном этапе включают все затраты, связанные с покупкой специальной техники, необходимой для проведения работ по конкретной теме. Расчет затрат по данной статье заносится в таблицу 5.8.

Таблица 5.8 – Стоимость оборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Персональный компьютер	1	20 000	20 000
Итого:				20000

В связи с длительностью использования, учитывается стоимость эксплуатации персонального компьютера с помощью амортизации:

$$A = \frac{\text{Стоимость} \cdot N_{\text{дней.исп-ния}}}{\text{Срок.службы} \cdot 365} = \frac{20000 \cdot 72}{3 \cdot 365} = 1315 \text{ руб} \quad (5.9)$$

5.6.2 Затраты на оплату труда

По последним данным, представленным на сайте политехнического университета, оплата труда будет представлена ниже.

Месячная зарплата для руководителя:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.}$$

где Z_{mc} – заработная плата по тарифной ставке, руб.; k_{np} – премиальный коэффициент, равный 0,3; k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет 0,2; k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (город Томска);

Дополнительная зарплата 12 % от основной

Зарплата руководителя

$$Z_{допрук} = 0,12 \cdot \sum Z\Pi_{рук} = 0,12 \cdot 21697,5 = 2603,7 \text{ руб.}$$

Определяем отчисления на социальные нужды (28%).

$$ОСН_{\Pi} = 0,28 \cdot 51285 = 14360 \text{ руб.}$$

Найдем величину накладных расходов, которая составляет 16 % от $\sum I_n$.

$$\sum И = \sum M_3 + \Phi \sum \Pi_{\Pi} + ОСН_{\Pi} = 47320 + 51285 + 14360 = 112965 \text{ руб.}$$

$$Нр_{\Pi} = 0,16 \cdot \sum И_{\Pi} = 0,16 \cdot 112965 = 18074 \text{ руб.}$$

Сведем все полученные результаты в таблицу 5.9.

Таблица 5.9 – Смета затрат на проектирование

№ п/п	Вид затрат	Величина, руб.	%
1	Материальные затраты	47320	35,5
2	Затраты на оплату труда	51285	38,3
3	Отчисления на социальные нужды	14360	10,7
4	Дополнительная зарплата	2603,7	2
5	Накладные расходы	18074	13,5
6	Итого	133612,7	100

По данным расчетов затрат на проектирование делаем вывод, что основная часть денежных средств затрачивается на оплату труда.

В соответствии с результатами расчета бюджета затрат на разработку проекта, сумма, необходимая на его реализацию составила 133612,7 рублей. Основные расходы пришлось на статью затрат по заработной плате сотрудников – 38,3 % от общего бюджета затрат проекта.

5.7 Ресурсоэффективность

Определение эффективности происходит на основе расчёта интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трёх вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчёта, с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

$$I_{\text{ФИНр}}^{\text{ИСП}i} = \frac{\Phi_{\text{Р}i}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (5.14)$$

где $\Phi_{\text{Р}i}$ – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (5.15)$$

Таблица 5.10– Сравнительная оценка характеристик

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Данный проект
Способствует росту производительности труда	0.25	5
Соответствует требованиям потребителей	0.15	4
Энергосбережение	0.2	4
Надёжность	0.2	4
Материалоёмкость	0.2	5
Интегральный показатель ресурсоэффективности		4.45

Характеристики имеют схожие критерии, так как методики реализованы для ПС равной номинальной мощности. Каждая из представленных методик реализована для определённой задачи.

Пример расчёта интегрального показателя ресурсоэффективности:

$$I_p = 0.25 \cdot 5 + 0.15 \cdot 4 + 0.2 \cdot 4 + 0.2 \cdot 4 + 0.2 \cdot 5 = 4.45$$

Проведенная оценка ресурсоэффективности научного исследования дает достаточно хороший результат (4,45 из 5), что свидетельствует об эффективности его реализации.

Заключение

В данной работе были рассмотрены обеспечение безопасности зданий и сооружений. Изучены виды молниезащиты и классификация зданий, в том числе поддержание и проверка молниезащиты. А так же проведен анализ грозовой активности.

Для написания выпускной квалификационной работы был проведен анализ научной литературы. На основе изученных материалов рассмотрены грозовая активность на территории Томской Области, а также основные мероприятия по защите сооружений от проявлений атмосферного электричества. Проведен расчет молниезащиты и заземления на ПС 110/6 кВ «Московский Тракт»

В работе применен метод, рекомендованный нормативными документами. Метод позволяет учесть влияние грунтов на молниезащиту.

Молния представляет собой серьёзную опасность не только для оборудования, но и для людей, по этому молниезащита имеет важное значение в современном мире.

Список использованных источников

1. РД 34.21.122.87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений
2. СО 153-34.21.122-2003 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций
3. Результаты Исследования грозовой активности над территорией Томской области / А.А. Дульзон, В.П. Горбатенко // Известия Томского политехнического университета, 2006. - № 2. - С. 126 - 130
4. Анализ опасных природных процессов с использованием ГИС-технологий / Кондратьева, Волкова // Современные проблемы географии и геологии. - Томск: Изд-во Томский государственный университет, 2014. - С. 302-306
5. Основы теории пожарных рисков и ее приложения: монография / Н.Н. Брушлинский и [др.]. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. – 192 с.
6. ПУЭ. Правила устройства электроустановок
7. ГОСТ 12.1.030-81. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление
8. Федеральный закон РФ от 30.12.2009 г. № 384-ФЗ Технический регламент о безопасности зданий и сооружений
9. СНиП 3.05.06-85 Электротехнические устройства
10. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
11. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности
12. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение». Актуализированная редакция СНиП 23-05-95
13. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.4.1191-03 Электромагнитные поля в производственных условиях

14. ГОСТ Р ЕН 361-2008 Средства индивидуальной защиты от падения с высоты. Страховочные привязи
15. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов
16. СТО 70238424.29.240.10.003-2011 Стандарт организации НП “ИНВЭЛ”. Подстанции напряжением 35 кВ и выше
17. СТО 70238424.29.240.10.009-2011 Распределительные электрические сети. Подстанции 6-20/0,4 кВ. Условия создания. Нормы и требования
18. ГОСТ 12.1.010-76 Взрывобезопасность